

A GYEPEK MŰTRÁGYÁZÁSÁRÓL

Dr. Kádár Imre

**Magyar Tudományos Akadémia
ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet
Budapest, 2013**

A GYEPEK MŰTRÁGYÁZÁSÁRÓL

ISBN: 978-963-89041-8-8

A kiadványok alapjául szolgáló cikkek társszerzői 1975-2012:

Ardai Árpád, Bana Károlyné, Bártfai Tiborné, Béndek György, Bújtás Klára, Csatári Gábor, Csathó Péter, Csontos Péter, Draskovits Eszter, Elek Éva, Fekete Sándor, Földesi Dezső, Gáspár László, Gulyás Ferenc, Győri Zoltán, Harrach Tamás, Horváth Sándor, Daood Hussein, Kazó Béla, Kovács Péter Joachim Keck, Kiss Ernő, Kovács Géza, László Sándorné, Lásztly Borivoj, Lukács Dánielné, Márton László, Nagy Sándor, Németh Tamás, Péchy Krisztina, Radics László, Ragályi Péter, Réti Ágnes, Schill Judit, Szemán László, Szilágyi Judit, Tárkány Szűcs Sándor, Vinczeffy Imre, Vörös József, Zilahy Péter

Dr. Kádár Imre
Magyar Tudományos Akadémia
ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet

Lektorálta: Dr. Csathó Péter, az MTA Doktora
Technikai szerkesztő: Dr. Ragályi Péter
Hozott anyagból sokszorosítva
9421549 Akaprint Nyomdaipari Kft.
Budapest, 2013

Tartalom

| | |
|--|------------|
| I. Előszó | 5 |
| II.A termőhelyről és a műtrágyázási tartamkísérletről | 6 |
| 1. A nagyhőrcsöki kísérleti telep ismertetése | 6 |
| 2. A kísérlet módszere | 9 |
| III. Kísérleti eredmények telepített gyepen 2001-2013 | 13 |
| 1. Műtrágyahatások vizsgálata az 1. évben 2001-ben | 13 |
| 1.1. A termés és N-felvétel | 13 |
| 1.2. A takarmányérték és tápanyaghozam | 23 |
| 1.3. Az ásványi elemtartalom és diagnosztikai optimum | 37 |
| 1.4. Az ásványi elemfelvétel | 51 |
| 1.5. Az aminosav tartalom és hozam | 63 |
| 2. Műtrágyahatások vizsgálata a 2. évben 2002-ben | 76 |
| 2.1. A termés és elemtartalom | 76 |
| 2.2. Az elemfelvétel | 88 |
| 2.3. A minőség és tápanyaghozam | 101 |
| 3. Műtrágyahatások vizsgálata a 3. éves gyepen 2003-ban | 112 |
| 4. Műtrágyahatások vizsgálata a 4. éves gyepen 2004-ben | 124 |
| 4.1. A termés és elemtartalom | 124 |
| 4.2. Az elemfelvétel | 135 |
| 5. Műtrágyahatások vizsgálata az 5. éves gyepen 2005-ben | 143 |
| 6. Műtrágyahatások vizsgálata a 6. éves gyepen 2006-ban | 155 |
| 7. Műtrágyahatások vizsgálata a 7. éves gyepen 2007-ben | 168 |
| 8. Műtrágyahatások vizsgálata a 8. éves gyepen 2008-ban | 180 |
| 9. Műtrágyahatások vizsgálata a 9. éves gyepen 2009-ben | 189 |
| 10. Műtrágyázás és a botanikai összetétel 2001-2009 | 196 |
| 11. Műtrágyahatások vizsgálata a 10. éves gyepen 2010-ben | 205 |
| 12. Műtrágyahatások vizsgálata a 11 éves gyepen 2011-ben | 215 |
| 13. Műtrágyahatások vizsgálata a 12. éves gyepen 2012-ben | 220 |
| 14. Kísérleti eredmények fényképeken 2001-2013 | 227 |
| IV. A NO₃-N és a SO₄-S lemosódása a 28. évben, 2001-ben | 231 |
| V. Kísérleti eredmények legeltetett ősgyepeken | 242 |
| 1. Trágyahatások legeltetett természetvédelmi területen | 242 |
| 2. Foltszerű trágyaterhelés hatása a talajra és növényre | 260 |
| 3. Legeltetés és a gyepterhelés biodiverzitása ősgyepen | 274 |
| VI. Irodalom | 277 |
| 1. A kiadvány alapjául szolgáló saját közlemények | 277 |
| 2. A kiadványban hivatkozott közlemények jegyzéke | 278 |
| VI. Az MTA ATK TAKI kiadványai, 1980-2013 | 288 |

Fertilisation on Grassland

Contents

| | |
|--|------------|
| I. Foreword | 5 |
| II. Description of the trial on calcareous chernozem soil | 6 |
| III. Experimental results in years 2001-2013 on established grassland | 13 |
| 1. Results of fertilisation in the 1 st year, 2001 | 13 |
| 1.1. <i>Effect on yield and N-uptake</i> | 13 |
| 1.2. <i>Effect on nutritional value and nutrient yields</i> | 23 |
| 1.3. <i>Effect on mineral element content and diagnostic criteria</i> | 37 |
| 1.4. <i>Effect on mineral element uptake</i> | 51 |
| 1.5. <i>Effect on amino acid content and amino acid yield</i> | 63 |
| 2. Results of fertilisation in the 2 nd year, 2002 | 76 |
| 2.1. <i>Effect on yield and mineral element content</i> | 76 |
| 2.2. <i>Effect on mineral element uptake</i> | 88 |
| 2.3. <i>Effect on quality parameters and nutrient yield</i> | 101 |
| 3. Results of fertilisation in the 3 rd year, 2003 | 112 |
| 4. Results of fertilisation in the 4 th year, 2004 | 124 |
| 4.1. <i>Effect on yield and mineral element content</i> | 124 |
| 4.2. <i>Effect on mineral element uptake</i> | 135 |
| 5. Results of fertilisation in the 5 th year, 2005 | 143 |
| 6. Results of fertilisation in the 6 th year, 2006 | 155 |
| 7. Results of fertilisation in the 7 th year, 2007 | 168 |
| 8. Results of fertilisation in the 8 th year, 2008 | 180 |
| 9. Results of fertilisation in the 9 th year, 2009 | 189 |
| 10. Fertilisation and the botanical composition, 2001-2009 | 196 |
| 11. Results of fertilisation in the 10 th year, 2010 | 205 |
| 12. Results of fertilisation in the 11 th year, 2011 | 215 |
| 13. Results of fertilisation in the 12 th year, 2012 | 220 |
| 14. Results of fertilisation during 2001-2013, presented on photos | 227 |
| IV. Leaching of NO₃-N and SO₄-S in the 28th year, 2001 | 231 |
| V. Experimental results on permanent grassland | 242 |
| 1. Effect of fertilisation and manuring on grazed grassland | 242 |
| 2. Effect of manure spot load on a natural grazed grassland | 260 |
| 3. Effect of sheep grazing on permanent grassland biodiversity | 274 |
| V. Literature used | 277 |
| 1. Literature used draw up this publication | 277 |
| 2. Literature cited in publications | 278 |
| VI. Books, monographs published by the Institute 1980-2013 | 288 |

I. Előszó

A négy évtizedes kísérlet utolsó 13 évének eredményeit adjuk az olvasó kezébe, mely a gyepek ásványi táplálását tárgyalja. Bár a gyepekkel foglalkozó hazai szakirodalom igen gazdag, az ásványi táplálással foglalkozó fejezet (a gyepek agrokémiája) nem volt megírva. Kiadványunk részben e hiányt igyekszik pótolni. Új ismereteket és összefüggéseket tár az olvasó elé, melyeket a műtrágyázási tartamkísérlet és a tudományközi együttműködés tett lehetővé.

Évente több tízezres mért adattömeggel dolgoztunk. A kísérleti eredmények, adatok, tények nem avulnak el. Értékük inkább nőhet az idővel. Beépülve szakmai tudatunkba és a szaktanácsadási gyakorlatba racionálisabb gazdálkodást eredményezhetnek. A munka értéke hosszútávra a minőségén múlik. A jól végzett munka tudata kielégít, boldogít. „Boldog aki a dolgok okait kiderítheti” – jegyzi meg Ovidius. Reméljük, hogy a kísérletezés élményét az olvasóval is sikerül megosztani.

Az agrárkutatás igényli a kitekintést, a távlatot. Térben és időben. Sikere alapvetően nem az esetleges szerencsén, hanem a hosszú távú és előretekinő kísérletezésen múlik. Ismereteink mélysége és hitelessége a jól megtervezett és végrehajtott tartamvizsgálatokra épülhet. Ha jól kérdezzük, a természet jó választ ad. A jövőt kell kutatni. A természetben, talajban végbemenő változások, folyamatok egy része lassú. Évtizedek vagy évszázadok múltán érezhető, mint pl. a talajkimerülés, elsavanyodás, talajszennyezés stb.

A társadalmi haladás legfőbb forrása a közösségnek adott értéktöbblet. Az 1960-1990. évek mezőgazdaságának, élelmiszertermelésének látványos sikereit, az elért élelmiszerbőséget a fellendülő és kiszélesedő agrárkutatás alapozta meg. Hasonlóképpen mint az 1800-as évek végén. Bár az emberiség előtt újra az éhínség réme lebeg, a mezőgazdasági és élelmiszeripari kutatások visszaszorultak a fejlett világban. Nálunk az intézmények nagyobb részét szintén felszámolták a rendszerváltás óta. Fegyvertelenül és tehetetlenül nézünk a jövő elé.

A részismeretek tömege elvész. A szintézis teszi hasznosíthatóvá és őrzi meg az eredményeket. Kutatásaink hasznosak. A talaj termékenységének és funkcióinak megőrzéséhez, az élelmiszerbiztonsághoz, az alapvető létfeltételeinkhez kötődnek. „*Ars longa, vita brevis.*” A tudomány örök, az élet rövid. Ami nem sikerül nekünk, sikerül majd az utánunk jövőknek. De nem teljesen halunk meg. Ahogy Ovidius mondja „*Non omnis moriar*”. Mert nyomot hagyunk a világban. Ezért igyekeztünk összefoglalva közzétenni a kísérlet tanulságait, mely az internetről is letölthető: www.mta-taki.hu honlapról. A kiadvány egyaránt ajánlható a kutatás, oktatás, szaktanácsadás és minden érdeklődő olvasó számára.

Kádár Imre

II. A termőhelyről és a műtrágyázási tartamkísérletről

1. A nagyhörceői kísérleti telep ismertetése

A kísérleti telep az Alföld nagytájának Dunántúlra eső Mezőföld tájában helyezkedik el, mégpedig a Nyugat-Mezőföld "Bozót-Sárvíz közti löszhát" geomorfológiai tájrészében, mintegy 140 m tengerszint feletti magasságban. Talajképző kőzete az elég tekintélyes vastagságú lösz, amely helyenként a 15-20 m vastagságot is eléri. Hidrológiai, éghajlati és növényföldrajzi viszonyait tekintve megállapíthatjuk, hogy a kevésbé felhős időjárása, több napsütése, nagyobb hőmérsékleti ingadozása, viszonylagos csapadékszegénysége, nyári időben aszályosságra való hajlamossága a Nagyalföld tájaihoz teszi hasonlóvá. A vízmérleg negative, -100 mm éves hiányt mutat sok év átlagában. Növényföldrajzi vonatkozásban is az Alföldhöz tartozik, mégpedig a Pannonicum terület Eupannonicum flórávidék Duna-Tisza közti flórajárásába. *Szűcs (1965)*, aki részletes talajföldrajzi kutatásokat végzett a kísérleti területen, a dunavölgyi mészlepedékes csernozjomok közepes humuszcsoportú, 50-75 cm változatához sorolja-e talajokat.

A kicserélhető kationok közül az egész talajszelvényben a Ca^{++} az uralkodó. A vizes kivonat elemzési adatai szerint a vízben oldható sók mennyisége kicsi, 1 mg/100 g, és növénytermesztési szempontból jelentéktelennek tekinthető. Minőségi összetételét tekintve a Ca^{++} és HCO_3^- mellett a Mg^{++} és a SO_4^{--} említésre méltó. Tekintettel a talajképző lösz vastagságára a talajvíz tükre mélyen helyezkedik el és a talajképződésben különösebb szerepet nem játszik. A kísérleti telep talajának általános jellemzésére az 1. táblázatban mutatunk be néhány adatot egy kiragadott szelvény alapján.

1. táblázat A Kísérleti Telep egyik talajszelvénye (Szűcs 1965)

| Mintavétel mélysége, cm | pH | | CaCO_3 % | K_A | hy | Humusz % |
|----------------------------|----------------------|-----|----------------------|--------------|-----|-------------|
| | H_2O | KCl | | | | |
| 0 - 25 | 8,0 | 7,8 | 6,3 | 38 | 2,3 | 3,4 |
| 25 - 40 | 8,4 | 8,2 | 15,5 | 45 | 2,3 | 2,8 |
| 40 - 60 | 8,4 | 8,2 | 21,4 | 43 | 1,9 | 2,0 |
| 60 - 90 | 8,6 | 8,4 | 33,2 | 39 | 1,5 | 1,2 |
| 90 -130 | 8,6 | 8,4 | 32,7 | 37 | 1,2 | 0,5 |

A szerkezeti állapotot tekintve a nagyfokú felszíni tömörödéssre, illetve cserepesedési hajlamra kell felhívni a figyelmet. A tömörödés olyan mértékű, hogy nagyobb eső alkalmával a csapadék egy része elfolyik és barázdás eróziót is okozhat, jóllehet a felszín lejtése alig észrevehető. Ezeken a magas mésztartalmú, tömörödéssre amúgy is hajlamos talajokon a művelt réteg talajának szerkezete az érintetlen, szántás alatti humuszos szinthez képest leromlott. Ez a leromlás a morzsák vízállósága alapján mintegy 40-70 % nagyságrendű (2. táblázat). A kísérleti terület szántott rétegének könnyen felvehető P-tartalma a kísérletek beállítása előtt gyenge, míg a K-tartalma kielégítő ellátottságról tanúskodik ($\text{AL-P}_2\text{O}_5=6-8 \text{ mg\%}$, $\text{AL-K}_2\text{O}=15-20 \text{ mg\%}$).

2. táblázat Vizálló morzsák aránya a talajszelvényben, % (Szűcs 1965)

| Mintavétel mélysége, cm | 1 mm-nél kisebb | 1 mm-nél nagyobb | Összes vizálló morzsa |
|----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|
| 0 - 20 | 12-20 | 10-16 | 22-36 |
| 20 - 32 | 14-18 | 37-46 | 51-64 |
| 32 - 100 | 12-15 | 41-53 | 53-68 |
| 100 - 130 | 2 - 3 | 10-21 | 12-23 |

A Kísérleti Telep tengerszint feletti magassága kb. 140 m. Az éves átlagos csapadék mennyisége 500-600 mm közötti, a napsütéses órák száma 2000-2200 közötti, a hőmérsékleti minimum/maximum -25°C/+35°C közötti. A csapadék eloszlásával kapcsolatban a 3. és 4. táblázatban látható, hogy az 50 éves átlagtól való eltérések igen számottevőek lehetnek az egyes évek között.

3. táblázat A havi, negyedéves és az éves csapadékösszegek adatai, mm

| Időszak (1) | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | *Átlag(2) |
|------------------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| Január (3) | 44 | 11 | 29 | 32 | 16 | 32 | 29 |
| Február (4) | 0 | 18 | 34 | 46 | 36 | 44 | 28 |
| Március (5) | 62 | 14 | 5 | 61 | 29 | 26 | 31 |
| I.negyedév (6) | 106 | 43 | 68 | 139 | 81 | 102 | 88 |
| Április (7) | 47 | 41 | 22 | 88 | 53 | 28 | 41 |
| Május (8) | 17 | 55 | 30 | 28 | 15 | 37 | 46 |
| Június (9) | 47 | 32 | 18 | 113 | 38 | 86 | 70 |
| II.negyedév (10) | 111 | 128 | 70 | 229 | 106 | 151 | 157 |
| Július (11) | 80 | 64 | 88 | 38 | 124 | 43 | 55 |
| Augusztus (12) | 129 | 84 | 25 | 26 | 204 | 102 | 59 |
| Szeptember (13) | 113 | 65 | 27 | 17 | 56 | 37 | 47 |
| III.negyedév(14) | 322 | 213 | 140 | 81 | 384 | 182 | 161 |
| Október (15) | 0 | 32 | 92 | 59 | 0 | 21 | 40 |
| November (16) | 57 | 32 | 39 | 58 | 32 | 14 | 52 |
| December (17) | 25 | 28 | 16 | 41 | 46 | 5 | 41 |
| IV.negyedév (18) | 82 | 92 | 147 | 158 | 78 | 40 | 133 |
| Éves összeg (19) | 621 | 476 | 425 | 607 | 649 | 475 | 539 |

*Átlag: a Kísérleti Telepen mért 50 éves átlag

Table 3. Monthly, Quarterly and Yearly sums of precipitation, mm. (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, Mezőföld region). Period (1), Average (2), January (3), February (4), March (5), Sum of 1st quarter (6), April (7), May (8), June (9), Sum of 2nd quarter (10), July (11), August (12), September (13), Sum of 3rd quarter (14), October (15), November (16), December (17), Sum of 4th quarter (18), Yearly sum (19).

4. táblázat A havi, negyedéves és az éves csapadékösszegek adatai, mm

| Időszak (1) | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | *Átlag(2) |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| Január (3) | 18 | 11 | 45 | 35 | 10 | 21 | 29 |
| Február (4) | 35 | 4 | 45 | 57 | 4 | 7 | 28 |
| Március (5) | 36 | 50 | 21 | 12 | 13 | 0 | 31 |
| I.negyedév (6) | 89 | 65 | 111 | 104 | 27 | 28 | 88 |
| Április (7) | 0 | 18 | 0 | 56 | 26 | 23 | 41 |
| Május (8) | 84 | 30 | 8 | 130 | 16 | 71 | 46 |
| Június (9) | 45 | 82 | 106 | 139 | 28 | 42 | 70 |
| II.negyedév (10) | 129 | 130 | 114 | 325 | 70 | 136 | 157 |
| Július (11) | 22 | 50 | 19 | 44 | 80 | 71 | 55 |
| Augusztus (12) | 97 | 14 | 37 | 132 | 9 | 0 | 59 |
| Szeptember (13) | 36 | 45 | 26 | 115 | 21 | 27 | 47 |
| III.negyedév (14) | 155 | 109 | 82 | 291 | 110 | 98 | 161 |
| Október (15) | 52 | 21 | 42 | 38 | 34 | 40 | 40 |
| November (16) | 61 | 23 | 65 | 66 | 0 | 18 | 52 |
| December (17) | 59 | 50 | 36 | 36 | 50 | 68 | 41 |
| IV.negyedév (18) | 172 | 94 | 143 | 140 | 84 | 126 | 133 |
| Éves összeg (19) | 545 | 398 | 448 | 861 | 290 | 388 | 539 |

*Átlag: a Kísérleti Telepen mért 50 éves átlag

Table 4. Monthly, Quarterly and Yearly sums of precipitation, mm. (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, Mezőföld region). Period (1), Average (2), January (3), February (4), March (5), Sum of 1st quarter (6), April (7), May (8), June (9), Sum of 2nd quarter (10), July (11), August (12), September (13), Sum of 3rd quarter (14), October (15), November (16), December (17), Sum of 4th quarter (18), Yearly sum (19).

A talajvíz szintje 13-15 m körüli, tehát a talajképződési folyamatokat, termésszintek alakulását, ill. a műtrágyahatásokat nem befolyásolja. A vályog fizikai féleségű termőhely talajának szemcseméret eloszlása a szántott rétegben: Homok (0,05 mm fölött) 15-20%; Vályog (0,05-0,002 mm) 55-60%; Agyag (0,002 mm alatt) 20-25%.

A kötöttség K_A 38-42; pH(H₂O) 7,6-8,0; pH(CaCl₂) 7,2-7,5; pH(KCl) 7,2-7,8; szerves-C 1,8-2,0%; Humusz 3,0-3,5%; CaCO₃ 3-6%, CEC 25-30 me/100 g. Az ammóniumlaktát+ecetsav oldható P₂O₅ tartalom 80-100, a K₂O tartalom 140-160 mg/kg; az 1M KCl-oldható Mg 150-180 mg/kg, a 0,05 M EDTA + 0,1 M KCl-oldható Mn 80-150, Cu 2-3, Zn 1-2 mg/kg értéket mutat. A Buzás *et al.* (1979) által bevezetett módszerek és határértékek alapján ezek az adatok a talaj jó Mn, kielégítő/közepes K, Mg, N, Cu, valamint gyenge P és Zn ellátottságáról tanúskodnak.

2. A kísérlet módszere

A kísérletet 1973 őszén állítottuk be Mezőföldön, Intézetünk nagyhőrcsöki kísérleti telepén. A termőhely löszön képződött karbonátos csernozjom talaja a szántott rétegben mintegy 3-5% CaCO_3 -ot és 3% humuszt tartalmaz. A pH(KCl) 7,3, az AL- P_2O_5 60-80 mg/kg, AL- K_2O 140-160 mg/kg, KCl-oldható Mg 150-180 mg/kg. Ami a KCl+EDTA-oldható mikroelemeket illeti a Mn 80-150 mg/kg, a Cu 2-3 mg/kg, a Zn 1-2 mg/kg értékkel jellemezhető. A hazai szaktanácsadásunkban irányadó határértékek alapján ezek az adatok igen jó Mn, kielégítő Mg és Cu, közepes N és K, valamint gyenge P és Zn ellátottságról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13-15 m mélyen található, a kísérleti terület az Alföldhöz hasonlóan aszályérzékeny.

A N-t megosztva, felét őszi, felét tavasszal alkalmaztuk pécisó formájában 0, 100, 200, 300 kg/ha/év N-adagban. A P és K trágyázás 0, 500, 1000, 1500 kg/ha P_2O_5 illetve K_2O adaggal történik, 5-10 évente ismételve a feltöltést. Legutóbb 1999 őszén végeztünk PK feltöltő trágyázást. A N, P és K műtrágyákat 4-4 szinten adagolva 1973 őszén minden lehetséges kombinációt beállítottunk $4\text{N} \times 4\text{P} = 16 \times 4\text{K} = 64$ kezelés $\times 2$ ismétlés = 128 parcellában. A parcellák mérete $6 \times 6 = 36 \text{ m}^2$, elrendezésük kevert faktoriális. A kísérleti terv, illetve az alkalmazott műtrágyázás lehetővé tette, hogy valamennyi olyan tápláltsági állapotot (gyenge, közepes, kielégítő, túlzott) és azok változatait létrehozzuk, amelyek a gyakorlatban is előfordulnak, vagy táblaszinten a jövőben előfordulhatnak.

A 40 év alatt 0, 4000, 8000, 12000 kg/ha N-t használtunk fel. A növények által fel nem vett N 40-60%-át $\text{NO}_3\text{-N}$ formában tudtuk korábban kimutatni a túltrágyázott talajon. Az időnként végzett mélyfúrásaink szerint a $\text{NO}_3\text{-N}$ 20-30 cm/év sebességgel szívároghat lefelé, a kísérlet 17. illetve 22. éve után a bemosódás mélysége elérte a termőhelyen a 6 m mélységet (Kádár és Németh 1993; Németh és Kádár 1999). Megemlítjük, hogy 2001-ben az 1 éves gyeptől a feltalaj $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete drasztikusan lecsökkent, még a 300 kg/ha/év N kezelésekben is, ami visszavezethető jelentős részben a növénybe épült hatalmas N-mennyiségekre. A két kaszálással felvett N földfeletti mennyisége megközelítette a 400 kg/ha tömeget. Akár hasonló lehetett a gyökerekbe épült N mennyisége is.

A kísérlet beállításától napjainkig 0, 1500, 3000, 4500 kg/ha P_2O_5 illetve 2500, 5000, 7500 kg/ha K_2O felhasználásra került sor, mely tükröződik a feltalaj ammóniumlaktát oldható PK-készletén. Egyaránt megtalálható a gyenge, közepes, igen jó és a káros P-ellátottság. Hasonló a helyzet a talaj mobilis K-készletét illetően. A gyeptől a vizsálatára 2000 őszén a gyeptelepítése előtt, valamint 2005 őszén került sor. A kísérletben alkalmazott kezeléseket és a talaj szántott rétegének oldható elemtartalmát 2000-ben az 1. táblázat, 2005-ben pedig a 2. táblázat tekinti át.

Az elmúlt évtizedekben igyekeztünk minden fontosabb szántóföldi növényfaj agrokémiájával foglalkozni és feltárni a tápláltsági állapot, valamint a termés, terméselemek, ásványi összetétel, gyomosodás, betegségellenállóság, minőségi jellemzők közötti számszerű összefüggéseket, megismerni a növényi és talajbani optimumokat, orientálni a szaktanácsadást. Erre utal a kísérlet növényi sorrendje, amely a 3. táblázatban tanulmányozható. A kísérlet első 2 évtizedének főbb eredményeit „A növénytaplálás alapelvei és módszerei” c. kézikönyv (Kádár 1992) ill. monográfiák foglalják össze (Kádár 2012, 2013). Az egyes években nyert

kísérleti adatok növényfajonként megjelentek, ill megjelennek a Növénytermelés, ill. az Agrokémia és Talajtan c. folyóiratok hasábjain.

1. táblázat Kezelések és hatásuk a talaj szántott rétegének oldható elemkészletére 2000 őszén (Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

| Műtrágyázás és talajvizsgálat(1) | Kezelések, ill. műtrágyázási szintek(2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|--|---|------|------|------|-----------------------|-----------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | | |
| N kg/ha/év(5) | 0 | 100 | 200 | 300 | - | 150 |
| N kg/ha/30év(6) | 0 | 3000 | 6000 | 9000 | - | 4500 |
| P ₂ O ₅ kg/ha/30 év(7) | 0 | 1500 | 3000 | 4500 | - | 2250 |
| K ₂ O kg/ha/30 év(8) | 0 | 2500 | 5000 | 7500 | - | 3750 |
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg(9) | 66 | 153 | 333 | 592 | 42 | 274 |
| AL-K ₂ O mg/kg(10) | 135 | 193 | 279 | 390 | 32 | 249 |

Table 1: Treatments and their effects on the soluble PK-content in plow layer. (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, Mezőföld region). Fertilization and soil analysis (1); Treatments or fertilization levels (2); LSD_{5%} (3); Mean (4); N kg/ha/yr; (5); N kg/ha/30 yrs (6); P₂O₅ kg/ha/30 yrs (7); K₂O kg/ha/30 yrs (8); Ammoniumlactate soluble AL-P₂O₅ (9) and AL-K₂O mg/kg (10).

2. táblázat Kezelések és hatásuk a talaj szántott rétegének oldható elemkészletére 2005-ben (Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

| Műtrágyázás és talajvizsgálat (1) | Kezelések, ill. műtrágyázási szintek (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag(4) |
|---|--|------|------|-------|-----------------------|----------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | | |
| N kg/ha/év (5) | 0 | 100 | 200 | 300 | - | 150 |
| N kg/ha/36 év (6) | 0 | 3600 | 7200 | 10800 | - | 5400 |
| P ₂ O ₅ kg/ha/36 év (7) | 0 | 1500 | 3000 | 4500 | - | 2250 |
| K ₂ O kg/ha/36 év (8) | 0 | 2500 | 5000 | 7500 | - | 3750 |
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (9) | 82 | 201 | 374 | 600 | 65 | 314 |
| AL-K ₂ O mg/kg (10) | 131 | 174 | 240 | 301 | 34 | 212 |

Table 1. Treatments and their effects on the soluble PK-content in the plow layer. Fertilization and soil analysis (1); Treatments or fertilization levels (2); LSD_{5%} (3); Mean (4); N kg/ha/yrs (5); N kg/ha/36 yrs (6); P₂O₅ kg/ha/36 yrs (7); K₂O kg/ha/36 yrs (8); Ammoniumlactate soluble AL-P₂O₅ (9) and AL-K₂O mg/kg (10)

A gyepterelítést a spenót betakarítása után 2000. szeptember 20-án végeztük el 8 komponensből álló gyepterelő keverékével. A vetőmag a Szarvasi Gyepnemesítő Telep (Bikazug) 1999. évi terméséből származott. A keverék összeállításában dr. Szűcs István (Gyöngyös) volt segítségünkre. A viszonylag sok komponens azt a célt szolgálta, hogy kellő borítottság alakulhasson ki és tájékozódjunk arról, mely fajok alkalmasak e termőhelyre.

Az alkalmazott fűmag keverék adag 60 kg/ha volt, amelynek 25%-át (15 kg) a réti csekesz (*Festuca pratensis*); 21-21%-át (12,6 kg) a nádképi csekesz (*Festuca arundinacea*) és az angol perje (*Lolium perenne*); 9%-át (5,4 kg) a taréjos búzafű (*Agropyron cristatum*), valamint 6-6%-át (3,6 kg) a vörös csekesz (*Festuca rubra*), a réti komócsin (*Phleum pratense*), a zöld pántlikafű (*Phalaris arundinacea*) és a csomós ebír (*Dactylis glomerata*) tette ki. A vetőmagkeverék fajonkénti tömegéből, a fajok ezerszemtömege alapján meghatároztuk az egyes gyepterelő telepítés után

várható növényállomány arányát. Amint a 4. táblázatban látható, növényarány szerint vezérnövényünk, a réti csenkesz 18%-ot képvisel, a nádképű csenkesz 12%, az angolperje 13%, a taréjos búzafű 6%, a vörös csenkesz 8%, réti komócsin 19%, zöld pántlikafű 15% és a csomós ebír 9% részesedést adott. A vezérnövény virágzása előtti, bimbózási stádiumban évente általában 2-2 kaszálást végzünk, míg a szárazabb években csak egy kaszálásra kerül sor. A parcellák szegélyétől 1,4 m-eket jobbról és balról hagyva $3,2 \times 6 = 19,2 \text{ m}^2$ nettó parcellák területét értékeljük az eke általi korábbi talajáthordás hatásának kizárása céljából.

3. táblázat Növényi sorrend a kísérletben 1974-2013. között

| N° | Évek (1) | Kísérleti növény(2) | N° | Évek (1) | Kísérleti növény(2) |
|-----|----------|---------------------|-----|----------|---------------------|
| 1. | 1974 | Búza (3) | 21. | 1994 | Sárgarépa (21) |
| 2. | 1975 | Búza (3) | 22. | 1995 | Rozs (22) |
| 3. | 1976 | Kukorica (4) | 23. | 1996 | Köles (23) |
| 4. | 1977 | Kukorica (4) | 24. | 1997 | Bab (24) |
| 5. | 1978 | Burgonya (5) | 25. | 1998 | Olaszperje (25) |
| 6. | 1979 | Őszi árpa (6) | 26. | 1999 | Olaszperje (25) |
| 7. | 1980 | Zab (7) | 27. | 2000 | Spenót (26) |
| 8. | 1981 | Cukorrépa (8) | 28. | 2001 | Gyep (27) |
| 9. | 1982 | Napraforgó (9) | 29. | 2002 | Gyep (27) |
| 10. | 1983 | Mák (10) | 30. | 2003 | Gyep (27) |
| 11. | 1984 | Repce (11) | 31. | 2004 | Gyep (27) |
| 12. | 1985 | Mustár (12) | 32. | 2005 | Gyep (27) |
| 13. | 1986 | Sörárpa (13) | 33. | 2006 | Gyep (27) |
| 14. | 1987 | Olajlen (14) | 34. | 2007 | Gyep (27) |
| 15. | 1988 | Szója(15) | 35. | 2008 | Gyep (27) |
| 16. | 1989 | Rostkender (16) | 36. | 2009 | Gyep (27) |
| 17. | 1990 | Borsó (17) | 37. | 2010 | Gyep (27) |
| 18. | 1991 | Tritikále (18) | 38. | 2011 | Gyep (27) |
| 19. | 1992 | Cirok (19) | 39. | 2012 | Gyep (27) |
| 20. | 1993 | Silókukorica (20) | 40. | 2013 | Gyep (27) |

Table 3. Crop sequence in the experiment, 1974-2013. (Calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsók, Mezőföld region). Years (1), Crop species (2), Winter wheat (3), Maize (4), Potato (5), Winter barley (6), Oat (7), Sugarbeet (8), Sunflower (9), Poppy (10), Rapeseed (11), Mustard (12), Spring barley (13), Oilflax (14), Soybean (15), Flax (16), Pea (17), Triticale (18), Sorghum (19), Fodder maize (20), Carrot (21), Rye (22), Millet (23), Bean (24), Italian ryegrass (25), Spinach (26), Grasses (27).

A vezérnövény virágzása előtti stádiumban végeztük a kaszálást. A kedvezőbb, csapadékosabb években két kaszálásra került sor, míg a szárazabb években egy kaszálás történt. A parcellák szegélyétől 1,4 m-eket jobbról és balról

lehagyva $3,2 \times 6 = 19,2 \text{ m}^2$ nettó parcellák területét értékeltük az eke általi talajáthordás hatásának kizárása céljából.

4. táblázat A kísérletben elvetett fűmagkeverék összetétele

| Sorszám N° | Fűmagkeverék összetevői, komponensek (1) | Vetett mag kg/ha (2) | Fajarány % (3) |
|---------------|--|-------------------------|-------------------|
| 1. | Réti csenkesz (<i>Festuca pratensis</i>) (5) | 15,0 | 18 |
| 2. | Nádképű csenkesz (<i>Festuca arundinacea</i>) (6) | 12,6 | 12 |
| 3. | Angol perje (<i>Lolium perenne</i>) (7) | 12,6 | 13 |
| 4. | Taréjos búzafű (<i>Agropyron pectinatum</i>) (8) | 5,4 | 6 |
| 5. | Vörös csenkesz (<i>Festuca rubra</i>) (9) | 3,6 | 8 |
| 6. | Réti komócsin (<i>Phleum pratense</i>) (10) | 3,6 | 19 |
| 7. | Zöld pántlikafű (<i>Phalaris arundinacea</i>) (11) | 3,6 | 15 |
| 8. | Csomós ebir (<i>Dactylis glomerata</i>) (12) | 3,6 | 9 |
| | Összesen (4) | 60,0 | 100 |

Table 3. Seed mixture of sown grass species. Components of grass mixture (1), Sown seed, kg/ha (2), Ratio of grass species based on 1000-kernel weight, % (3), Total (4), Meadow fescue (5), Tall fescue (6), Perennial ryegrass (7), Agropyron (8), Red fescue (9), Timothy (10), Reed canarygrass (11), Cocksfoot (12)

Laboratóriumi növényvizsgálatok céljára, parcellánként 20-20 helyről a fűkasza után, átlagmintákat vettünk. Mintáknak mértük a friss és légszáraz tömegét 50°C -on történt szárítást követően, majd finomra őröltük és 23-25 elemre vizsgáltuk $\text{cc.HNO}_3 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$ roncsolás után, ICP technikát alkalmazva. A N-tartalmat hagyományos $\text{cc.H}_2\text{SO}_4 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$ feltárásból határoztuk meg. A $\text{NO}_3\text{-N}$ készletét 1:800 arányú desztillált vizes kivonatból mértük *Thamné (1990)* által ajánlott módszerrel, a Cl⁻ iont pedig 1:5 vizes kivonatból argentometriásan. A talajok vizsgálatait, valamint a KCl-kicserélhető $\text{NH}_4\text{-N}$ és $\text{NO}_3\text{-N}$ mérését a *MÉM NAK (1978)*, illetve *Baranyai et al. (1987)* által javasolt módon végeztük. A $\text{cc.HNO}_3 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$ feltárással becsült „összes” elemtartalmakat az *MSZ 21470-50 (2006)* Szabvány szerint mértük. Az összes N-t hagyományos $\text{cc.H}_2\text{SO}_4 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$ feltárásból határoztuk meg az *ISO 11261 (1995)* szerint módosított *Kjeldahl (1891)* eljárással.

Kaszálásonként és parcellánként rendszeresen bonitáltuk a növényállomány fejlettségét, borítottságát, magasságát. A botanikai összetétel alakulását *Dr. Szemán László* (SZIE Gödöllő) és *Dr. Vinczeffy Imre* (DE, Debrecen), a minőségvizsgálatokat *Dr. Győri Zoltán* (DE, Debrecen) végezte. A telepítés előtt talajmintákat vettünk a szántott rétegből parcellánként 20-20 pontminta/lefűrés egyesítésével. A mintákban meghatároztuk a $\text{NH}_4\text{-acetát} + \text{EDTA}$ -oldható makro- és mikroelemeket *Lakanen és Erviö (1971)*, valamint az $\text{NH}_4\text{-laktát}$ -oldható PK tartalmat *Egnér et al. (1960)* szerint.

Az $\text{N}_x\text{P}_x\text{K}$ másodrendű kölcsönhatások a kísérletben általában nem voltak igazolhatók, így ismétlésül szolgálhattak. A kéttényezős N_xP , N_xK , P_xK táblázatok közül hely hiányában csak azokat mutatjuk be a 3. tényező (tehát összesen 8-8 ismétlés) átlagában, ahol a kölcsönhatások kifejezettek. Amennyiben az ilyen elsőrendű kölcsönhatások sem érdemlegesek, csak a főhatásokat (N, P, K) közöljük 32-32 ismétlés átlagában. A kéttényezős eredménytáblázatokban az $\text{SzD}_{5\%}$ értékek a sorokra és az oszlopokra azonosak, így azokat csak egyszer tüntetjük fel.

III. Kísérleti eredmények telepített gyepen 2001-2013

1. Műtrágyahatások vizsgálata az 1. évben 2001-ben

1.1. A termés és N-felvétel

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Régóta ismert, hogy a trágyázás hatása a gyepen más mint a szántón. Másként hat a műtrágya a gyepek komponenseire, így a fűvekre, pillangósokra és a gyomokra. Emiatt szelektál. Egyes fajok fejlődését segíti, másokét fenntartja, ismét másokét elnyomja. A gyepek plasztikusan reagál a környezeti és emberi beavatkozásokra, változtatva botanikai és ásványi összetételét. Eltérő lehet ugyanis az egyes fajok környezettel szembeni igénye, a gyeptársuláson belüli fejlődési stádiuma, összetétele stb., így összességében kevésbé érzékenyen reagál a külső hatásokra. A fűvek fejlődési stádiumai a kalászosokéval megegyeznek (*Klapp 1965, 1971; Voisin 1961, 1964, 1965*).

A gyepek termőképességét döntően meghatározza a víz- és tápanyagellátás. Németországi tapasztalatok szerint ha a talajvíz nem hozzáférhető, jó vízgazdálkodású termőhelyen mintegy 700 mm, homokon legalább 1000 mm csapadékot igényelhet a nagy termés. A sekélyen gyökerező gyepek számára hozzáférhető a talajvíz kötöttebb talajon 60-90 cm, könnyű talajon 40 cm mélységben (*Geisler 1988*). Hazai viszonyok között 1 kg szárazanyag előállításához *Gyarmathy (1980)* szerint átlagosan 600 liter vizet párologtat el a gyepek, de vízszükséglete extrém esetben 400-1200 l/kg szárazanyag között ingadozhat.

Klímatényezők közül a fényt is teljes mértékben képes hasznosítani, hiszen egész évben szinte teljes borítottságot biztosít. A növekedés már kora tavasszal 5 °C felett megindulhat, maximumát 15-25 °C-on áprilisban, májusban éri el. Ezt követően a nyári hónapokban a gyepek „pihen”, őszi időszakban is csak mérsékelt fejlődést mutat. A kaszálások gyengítik az állományt, gyengül a gyökérnövekedés, a tápanyagok felhalmozása a gyökérben, ill. a regenerációs képesség. A gyakori vágásnál kiszorulnak, gyérülhetnek a nagytestű szálfűvek (*Bíró 1928; Klapp 1951; Gruber 1960; Baskay 1962; Szabó 1977; Vinczeffy 1998; Nagy 2008; Pető et al. 2008*).

Klapp (1965, 1971) szerint a gyökértömeg esetenként 80-90%-a a talaj felső 5 cm rétegében található. Bár nincs érdemi talajművelés a gyepen, így a trágyák bedolgozása sem lehetséges, ennek ellenére hasznosulásuk általában jobb mint a szántón. A trágya aktív gyökerekkel kerül kapcsolatba ahol intenzív a talajélet és a trágyahatások, utóhatások összeadódnak. A mélytrágyázási kísérletek ezért sikertelenek maradtak. Gyepek alatt tartósan érett a talajállapot, a talajszerkezet és a talajélet fenntartása nem igényel szervesanyag-bevitelt, istállótrágyát. *Káta és Veres (2003)* a gyepek talajának és rizoplánjának összehasonlítása során igazolták, hogy az élő fűvek alatt aktívabbak a mikrobiológiai és biokémiai folyamatok. Erősebb CO₂-termelést és foszfátáz aktivitást a szervesanyagban gazdagabb talajok mutattak. A gyepek növények rizoplánjában a mikroorganizmusok száma meghaladta a talajbani értékeket.

A tarló a lehulló levélzettel, valamint a gyökérmaradványok nagymennyiségű szerves anyagot juttatnak a talajba és a talajra. A szervesanyag bomlása

korlátozott, mert lecsökken az aeráció az intenzív gyökérlégzés miatt. A gyepesített talaj szervesanyagot akkumulál. Ahhoz, hogy a gyökér újrahasznosuljon, ne szaporodjon fel nemezszerű cellulózgazdag tömegben, mineralizálnia kell. A cellulózbontó talajszervezetek tevékenységéhez sok N szükséges, hogy a bomlás gyorsuljon, különösen a pillangóست nem tartalmazó gyepon (Vinczeffy 1964, 1998; Barcsák 1999, 2004).

Ami az évente talajba jutó tarló + gyökérmaradványokat illeti, tömegük elérheti a betakarított földfeletti termés 50-70%-át. A szervesanyag talajbani akkumulációja és ásványosodása közötti egyensúly lassan áll be. Az ismert angliai Rothamsted-i gyepek kísérletben ehhez több mint 100 évre volt szükség. Az állandó gyepek alatt a műtrágyázási kezelésektől függően 0,3-0,7%, míg a mellette levő szántón 0,12% N-készletet mértek a felső 15 cm talajrétegben (Richardson 1938).

Amennyiben feltesszük, hogy a humusz ill. a talajbani szervesanyag átlagosan 0,5% N-tartalmú, a szántó 2,4%, míg a gyepek talaja 6-14% szervesanyagot tárolt a 15 cm feltalajban 100 év után. A 15 cm talajréteg tömegét 2000 t/ha-ra becsülve a 4-12% humuszgyarapodás kb. 1/3 térfogattömeggel figyelembe véve tehát 25-80 t/ha szervesanyag-akkumulációt jelenthet, azaz évente 250-800 kg/ha mennyiséget. Az első évtizedben természetesen ennél jóval nagyobb, míg az egyensúly felé haladva kevesebbet. Amikor az egyensúly beáll ugyanannyi szervesanyag bomlik el a gyepek alatt, mint amennyi újonnan képződik, tehát a gyökértömeg egy része folyamatosan cserélődik.

Angliában, általában ÉNy-Európában a gyepek terméspotenciálja nagyobb mint a szántóké. Az egyéb tápelemekkel ellátott talajokon meghatározó a N-trágyázás ill. a N-ellátás. A 300 kg/ha/év N-adagig a növényi hozamok és ezzel együtt az állati termékek is gyakorlatilag lineárisan növelhetők, a 300-600 kg/ha/év tartományban a terméstartomány csökken, majd 600-1200 kg/ha/év N-kínálattal jelentkezik a depresszió. A termőhely talaja 10-100 kg/ha/év N-t szolgáltathat N-trágyázás nélkül, de ezt általában nem veszik figyelembe a szaktanácsadásban (Whitehead 1970, NAAS 1967).

A N-igényt a pillangósok aránya döntően befolyásolhatja, melyek 200-300 kg/ha/év N-t köthetnek meg ÉNy-Európa egyes tájain. Új-Zélandon, ahol a herefélék fejlődésére a körülmények rendkívül kedvezőek, a N-kötés akár a 600-700 kg/ha/év mennyiséget is elérheti. Ezért a N-trágyázás itt nem hatékony. Hollandiában viszont fordított a helyzet. A herefélék szerepe elenyésző, a N-trágyázás meghatározó 300 kg/ha/év feletti adagokkal. Szaktanácsadás során a tervezhető termés N-igényén túl a lombanalízis is segítséget nyújthat. Az állomány kielégítően ellátottnak tekinthető, amennyiben a N 3,0-3,5%-ot, illetve a $\text{NO}_3\text{-N}$ a 0,10-0,14%-ot eléri (Whitehead 1970; Burg 1966). A 0,25% feletti $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalom a hazai előírások szerint már nem megengedett a takarmányban (Barcsák 2004).

A N főként a szálfüveket növeli, ill. a pillangósokat leárnékolja és elnyomja. Ezzel részben csökkenti a gyepek Ca és Mg készletét. Más oldalról viszont a N, alapvetően a NO_3 -forma növelheti a kationok beépülését a növénybe, amennyiben a talaj kellően ellátott ezen elemekkel. Ellenkező esetben hígulási effektus érvényesülhet: termés nő, az egyéb kationok, elemek koncentrációja csökken (Raymond és Spedding 1965). A N-hatás természetszerűen a here nélküli gyepekben kiemelkedő. Általában késlelteti az érést, öregedés ellen hat, növeli a víztartalmat, nyersfehérje és az emészthetőség %-át, ezzel arányosan csökkenti a nyersrost tartalmát (Klapp 1971; Szabó 1977; Barcsák 1999). McLean et al. (1956) rámutatott

arra is, hogy a gyökerek kationcserélő kapacitása, felvevőképessége nő a N-tartalmukkal.

Esetenként a P minimumtényező, főként a pillangósok számára. *Gericke (1957, 1965)* 1270 mintát elemezve arra a következtetésre jutott, hogy a széna 0,65% P_2O_5 készlete kielégítő P-ellátottságot tükrözhet. Mivel a P nemkívánatos luxusfelvételt gyakorlatilag nem mutat, célszerű *Wagner (1909, 1921)* klasszikus tanácsát követni. A talajokat P-ral fel kell tölteni, majd ezt követően vágásonként a terméssel felvett P-t pótolni, a talaj termékenységet fenntartva. Így kedvezően érvényesülhet a N-műtrágya és elkerülhető a növényben a káros NO_3-N akkumulációja. Itthon *Harmati (1981, 1997, 2006)* kapott kiugrónak minősülő P és NP hatásokat szikes réti talajon, ill. legutóbb *Bánszky (1988, 1997)* hívta fel a figyelmet tápelemarányok kérdésére.

A talaj K kínálata összefügg kötöttségével, kolloidkészletével. Kötött termőhelyen hosszú évekig nagy terméseket kaphatunk K-trágyázás nélkül. Hiánya esetén a P-hoz hasonlóan célszerű talajgazdagító/feltöltő K-trágyázást folytatni, majd vágásonként pótlással a talaj K-készletét fenntartani. *Wagner (1921)* szerint K-mal a gyepek „jóllakott”, ha a fűvek legalább 2% K_2O tartalommal rendelkeznek. *Romasev (1960)* is utal arra a körülményre, hogy a telepítés évében a gyökerek fejlődése meghatározó lehet. A tartalék tápanyagok itt halmozódnak fel, így pl. esetenként a N 60-80%-át a gyökerekben találjuk és csak 20-40%-át a hajtásban. Döntő ezért az alapozó trágyázás a gyepek további termelékenységére szempontjából.

Schlechner (1972) Ausztriában összefoglalva a gyakorlati trágyázási tanácsokat megállapítja, hogy a trágyázás célja kettős: növelni a hozamot és javítani a minőséget. Utóbbi magában foglalhatja az értékesebb fűfajok meghonosítását, valamint a takarmány ásványi és szerves összetételének kedvezőbbé tételét. A kielégítő PK-ellátottságot a 150 mg/kg feletti AL- P_2O_5 , ill. AL- K_2O tartalom jelezheti a szántott rétegekben. Ekkor megelégszenek a terméssel felvett P és K visszajuttatásával. Véleménye szerint legnagyobb hatású a N-trágyázás, 1 kg N 10-12 kg szárazanyag többletet adhat átlagos viszonyok között. Az 1 számosállat takarmányigényét mintegy 350 kg N felhasználása biztosíthatja kedvező körülmények között.

A gyepek kevésbé van rászorulva a Ca és az istállótrágya szerkezetjavító hatására, így meszezésre és szerves-trágyázásra a gyepeken ritkábban kerül sor. Az állomány egy határon belül képes ellensúlyozni az elsavanyodást az alkotó fajok módosulásával. Kedvezőnek tekintik még a pH-t féllápon 4,0, síklápon 4,5, homokos vagy humuszgazdag talajon 5,0, vályogon 5,5, agyagos talajon 6,0 értékig. A Ca kimosódását 150-600 kg/ha/év CaO mennyiségre becsülik. Hasonló talajokon 1-2 t/ha $CaCO_3$ -tal végzett mésztágyázással, ill. a lúgosan ható trágyaformák mint a hiperfoszfát alkalmazásával ellensúlyozható a további elsavanyodás (*Schlechner 1972, Geisler 1988*).

A hazai irodalomban általánosan elfogadott *Barcsák (2004)* szerint, hogy a legelőfű, ill. az extenzív kaszálók szénája átlagosan 16-6,5-20-20=N- P_2O_5 - K_2O - CaO kg/t elemtartalmú. Jó N-hatásról beszélünk, ha 1 kg N-re 100 kg zöld vagy 25 kg széna terméstöbblet adódik. A 25 kg szénában 4 kg N lehet, a 100 kg-ban 16 kg, azaz a N 100%-ban hasznosulhat.

A gyeplévények műtrágyázási irányelvei c. MÉM NAK kiadvány a tervezett termés NPK-igényének megállapításakor a fajlagos NPK értékeket módosítja a termőhely talajának kötöttsége, valamint humusz és AL-PK készlete alapján. Két

termőhelyi kategóriát jelöl meg: K_A 37 alatti, tehát a laza homokos, valamint a K_A 37 feletti, tehát a középkötött és vályog talajokra. Mindkét termőhelyi kategórián belül még megkülönböztet gyenge, közepes és jó vízgazdálkodású talajokat. Ehhez járul még az 5-5 humusz-, ill. PK-ellátottság (igen gyenge, gyenge, közepes, jó, igen jó). Így $2 \times 3 = 6 \times 5 = 30-30$ fajlagos N, P és K értéket közöl. A N 18-55 kg/t széna, a P_2O_5 4-12 kg/t széna, a K_2O 12-22 kg/t széna között változhat (Gyarmathy 1980).

A MÉM NAK műtrágyázási irányelvek szerzője eltekint a pillangósok szerepétől, hasznosítás módjától és a termésszintektől. Igyekszik figyelembe venni viszont a termőhely vízgazdálkodását, kötöttségét, humusz és oldható PK-tartalmát. A pH(KCl) 5,6 alatti talajokon a kötöttség és az y_1 (hidrolitos aciditás) függvényében 0,4-2,0 t/ha adagokkal javasol műstrágyázást. Hasonló savanyú termőhelyeken Mg-hiány is felléphet, ezért a talaj KCl-oldható Mg készlete, kötöttsége és a K-trágyázás intenzitása figyelembevételével 20-60 kg/ha Mg bevitelét ajánlja Mg-sók útján, vagy dolomittal végzett műstrágyázást (Gyarmathy és Parászka 1978; Gyarmathy 1980).

Az ismertetett MÉM NAK irányelvek átfogó kritikájára, ellenőrzésére még nem került sor. Szembetűnő azonban, hogy a javasolt fajlagos N-tartalmak akár 3,5-szeresen is meghaladhatják a szénák átlagos N-készletét. Ez azt is jelenti, hogy alig 30%-os N-hasznosulással számol, tehát túltrágyázásra és környezetszennyezésre ösztönöz. Nem világos, hogy miért kell PK trágyázást folytatni ott, ahol a talaj igen jól ellátott. A terméssel kivont tápelemek mérlegszerű pótlása, a fenntartás lehet indokolt a kielégítően ellátott talajon. Általában nem ad arra útmutatást, hogy hol felesleges vagy káros a trágyázás.

Eredmények

Az elővetemény spenót betakarítása után a 2000. év II. félévében még 220 mm csapadék hullott. 2001. május 23-ig, az 1. kaszálásig további 171 mm esőt kapott a terület. Elméletileg tehát a gyepterület 391 mm csapadékot hasznosíthatott. A 2001. október 9-én történt 2. kaszálásig 368 mm újabb csapadéktömeg érkezett. Mindez lehetővé tette, hogy a gyepterület első évében kielégítő termések képződjenek, hiszen a csapadék mennyisége elérte, sőt meghaladhatta a téli csapadékkal együtt a klímaindex által Mezőföld agroökológiai körzetre Vinczeff (1998) által kívánatosnak tartott 737 mm optimumot.

Az őszeletett gyepterület jól beállt, szépen fejlődött 2001 tavaszán és jelentős trágyahatásokat mutatott. Az 1. táblázatban közölt adatok szerint a fejlődés korai szakaszában kiemelkedő a gyepterület P-igénye. Az idő múlásával a P-hatások mérséklődnek, a fűfélék fokozatosan képesek kielégíteni mérsékelt P-igényüket a P-ral 30 éve nem trágyázott, P-ral gyengén ellátott 66 mg/kg AL- P_2O_5 tartalmú talajon is. A P-kontroll talajon kapott bonitálásaink átlaga április 24-én 1,6, május 3-án 2,5, május 23-án 3,1 volt, a P-hatások tehát rohamosan csökkentek a 4 hét alatt.

A kétirányú táblázatban az is megfigyelhető, hogy a kielégítő P-ellátottság nélkül a N-hatások elmaradnak és fordítva. A NxP hatások összefüggenek. Az NP-kontroll talajon a fűvek borítottsága április 25-én 65%-ot tett ki, míg a NP-vel kielégítően ellátott kezeléseknél 90% fölé emelkedett. Ennek megfelelően az átlagos gyomfajszám felére csökkent. A gyomfedettség azonban a kísérletben jelentéktelen maradt, 0,3-1,2% között ingadozott 0,7% átlagos borítottsággal.

Főbb előforduló gyomfajok: sebforrasztó zsombor (*SIS SO*), pipacs (*PAP RH*) és a napraforgó kutyatej (*EUP HE*).

1. táblázat NxP ellátottsági szintek hatása a gyep fejlődésére, borítottságára és az átlagos gyomfajszám alakulására 2001. április és május hónapokban

| Átlagos gyomfajszám alakulása a 2001. április és május hónapokban | | | | | | |
|---|-----------------------------|-----|-----|-----|--------------------------|--------------|
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Bonitálás április. 24-én (5) | | | | | | |
| 66 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 2,1 | 0,6 | 1,6 |
| 153 | 2,1 | 4,3 | 4,8 | 4,9 | | 4,0 |
| 333 | 2,6 | 4,4 | 4,9 | 5,0 | | 4,2 |
| 542 | 2,4 | 4,9 | 5,0 | 4,9 | | 4,3 |
| Átlag (4) | 2,2 | 3,8 | 4,0 | 4,2 | 0,3 | 3,5 |
| Gyepborítás %-a április. 25-én (6) | | | | | | |
| 66 | 65 | 69 | 68 | 72 | 8 | 69 |
| 153 | 84 | 93 | 94 | 96 | | 92 |
| 333 | 82 | 93 | 96 | 96 | | 92 |
| 542 | 78 | 95 | 96 | 96 | | 91 |
| Átlag (4) | 77 | 88 | 89 | 90 | 4 | 86 |
| Átlagos gyomfajszám, db (7) | | | | | | |
| 66 | 3,0 | 2,4 | 2,4 | 2,3 | 1,0 | 2,5 |
| 153 | 2,4 | 1,8 | 1,6 | 1,3 | | 1,8 |
| 333 | 2,6 | 2,1 | 1,1 | 1,4 | | 1,8 |
| 542 | 2,1 | 1,9 | 1,5 | 1,5 | | 1,8 |
| Átlag (4) | 2,5 | 2,0 | 1,7 | 1,6 | 0,5 | 2,0 |
| Bonitálás május 3-án (8) | | | | | | |
| 66 | 2,3 | 2,6 | 2,5 | 2,5 | 0,6 | 2,5 |
| 153 | 3,6 | 4,5 | 4,9 | 4,9 | | 4,5 |
| 333 | 3,8 | 4,6 | 4,8 | 4,8 | | 4,5 |
| 542 | 3,8 | 4,8 | 4,8 | 5,0 | | 4,6 |
| Átlag (4) | 3,3 | 4,1 | 4,2 | 4,3 | 0,3 | 4,0 |
| Bonitálás május 23-án (9) | | | | | | |
| 66 | 1,6 | 3,3 | 3,5 | 3,9 | 0,6 | 3,1 |
| 153 | 2,6 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | | 4,4 |
| 333 | 2,6 | 5,0 | 4,9 | 5,0 | | 4,4 |
| 542 | 3,1 | 4,8 | 5,0 | 5,0 | | 4,5 |
| Átlag (4) | 2,5 | 4,5 | 4,6 | 4,7 | 0,3 | 4,1 |

Bonitálás: 1=igen gyenge, 2=gyenge, 3=közepes, 4=jó, 5=igen jó állomány (10)

Table 1: Effect of NxP supply levels on the development and soil cover of grass and average number of weed species in April and May 2001. Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ mg/kg in plow layer (1), N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), mean (4), scoring of grass on April 24th (5), percentage grass cover on April 25th (6), average number of weed species per plot on April 25th (7), scoring of grass on May 3rd (8), scoring of grass on May 23rd (9). Scoring: 1=very poorly developed stand, 5=very well developed stand (10).

Amennyiben arra a kérdésre keressük a választ, hogy mekkora a gyep trágyaigénye megállapítható, hogy ezen a talajon közepesnek tekinthető 153 mg/kg

AL-P₂O₅ ellátottság felett már igazolható hatások nem jelentkeznek. A N esetén ez a kielégítő kínálat ebben a fejlődési stádiumban általában már a 100 kg/ha/év adagnál jelentkezik. Összességében leszögezhető, hogy a fiatal növényzet N-igénye még mérsékelt, míg a P-igénye erőteljes. A gyepterelítés előtt célszerű a talajt legalább a közepes P-ellátottsági szintre feltölteni.

Az 1. táblázat eredményei arra is utalnak, hogy a N vagy P túltrágyázás nem eredményezett depressziót. Megemlítjük, hogy a növekvő K-ellátottsági szintek igazolhatóan nem befolyásolták a vizsgált mutatókat. A 135 mg/kg AL-K₂O közepes ellátottságon a gyepterelítette K-igényét, de a 390 mg/kg K₂O tartalmú, túlzottan minősülő K-ellátottságon sem kaptunk negatív hatásokat. Megállapítható, hogy a fűfélék jó P- és K-feltárási képességgel rendelkeznek. Amennyiben a talaj P és K készlete megfelelő, döntőnek a N-ellátás bizonyulhat. Lássuk ehhez a kaszálások termésadatait és a N-felvétel eredményeit.

A légszáraz szénatermés május 23-án 3,3-8,1 t/ha között ingadozott az NxP kínálat függvényében. Igazolható terméstelebek az N₁P₁ szint felett már valójában nincsenek. A széna N-tartalmát a N és P együttes túlkínálata 2,7%-ra emeli, míg a N-kontroll talajon hígulás lép fel és a N 1,0% körüli értékre csökken, mert a javuló P-kínálattal a termés jobban emelkedik, mint a N-felvétel. A földfeletti termésbe épült N 45-218 kg/ha tartományban mozog, csaknem 5-szörösére ugrik az együttes NP-túltrágyázással (2. táblázat).

2. táblázat Az NxP ellátottság hatása, szénatermésre és a N-felvétel 2001.05.23.

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---|-----------------------------|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Légszáraz széna, t/ha. (5) | | | | | | |
| 66 | 3,3 | 3,9 | 3,8 | 4,8 | 1,0 | 4,0 |
| 153 | 5,5 | 7,2 | 7,6 | 6,9 | | 6,8 |
| 333 | 5,8 | 7,9 | 7,4 | 7,4 | | 7,1 |
| 542 | 4,9 | 8,1 | 7,9 | 8,1 | | 7,2 |
| Átlag (4) | 4,9 | 6,8 | 6,7 | 6,8 | 0,5 | 6,3 |
| N % (6) | | | | | | |
| 66 | 1,35 | 1,85 | 1,96 | 2,16 | 0,32 | 1,83 |
| 153 | 0,91 | 1,84 | 2,12 | 2,36 | | 1,81 |
| 333 | 1,01 | 1,88 | 1,09 | 2,36 | | 1,84 |
| 542 | 1,14 | 1,91 | 2,20 | 2,69 | | 1,98 |
| Átlag (4) | 1,10 | 1,87 | 2,09 | 2,39 | 0,16 | 1,86 |
| N kg/ha (7) | | | | | | |
| 66 | 45 | 72 | 74 | 104 | 24 | 74 |
| 153 | 50 | 132 | 161 | 163 | | 126 |
| 333 | 59 | 149 | 155 | 175 | | 134 |
| 542 | 56 | 155 | 174 | 218 | | 151 |
| Átlag (4) | 52 | 127 | 141 | 165 | 12 | 121 |

Megjegyzés: Adatok a K-kezelések átlagában közölve (8)

Table 2: Effect of NxP supply levels on the hay yield and N-uptake of grass on May 23rd, 2001. Ammoniumlactate soluble P₂O₅ mg/kg in plow-layer (1), N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), mean (4), air dry hay t/ha (5), N% in hay (6), uptaken N kg/ha (7). Note: data given as a mean of K-treatments (8)

A 2. kaszálás idején már csak a N-ellátás limitálja a termést. Míg az 1. kaszálásnál a N-kontrollhoz viszonyított átlagos N-hatás a 40%-ot sem éri el (4,9-ről 6,8 t/ha-ra növeli a termést), a 2. kaszálásnál a N-kontroll terméstömege csaknem 400%-kal emelkedik a maximális N-kínálattal. A P-hatások viszont elmaradtak. Sőt, a talaj javuló P-ellátottsága terméseszkökenést okoz a N-nélküli kezelésekben. Itt alakult ki ugyanis az extrémebb N-deficit a korábbi évek nagyobb N-felvétele miatt. A N koncentrációját sem befolyásolja már a P-kínálat. A felvett N mennyisége a szénában 16-115 kg/ha intervallumban található (3. táblázat).

3. táblázat Az NxP ellátottság, szénatermésére és a N-felvétel, 2001.10. 09.

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---|-----------------------------|------|------|------|--------------------------|--------------|
| 0 | 100 | 200 | 300 | | | |
| Légszáraz széna, t/ha (5) | | | | | | |
| 66 | 1,4 | 2,7 | 3,5 | 3,6 | | 2,8 |
| 153 | 0,8 | 2,1 | 3,5 | 4,0 | 0,4 | 2,6 |
| 333 | 1,0 | 2,3 | 3,4 | 4,0 | | 2,7 |
| 542 | 0,9 | 2,1 | 3,4 | 3,9 | | 2,7 |
| Átlag (4) | 1,0 | 2,3 | 3,4 | 3,9 | 0,2 | 2,7 |
| N % (6) | | | | | | |
| 66 | 1,72 | 2,56 | 2,64 | 2,70 | | 2,40 |
| 153 | 1,78 | 2,00 | 2,81 | 2,88 | 0,31 | 2,37 |
| 333 | 1,85 | 1,94 | 2,59 | 2,69 | | 2,27 |
| 542 | 1,75 | 2,21 | 2,70 | 2,74 | | 2,35 |
| Átlag (4) | 1,78 | 2,17 | 2,68 | 2,75 | 0,16 | 2,35 |
| N kg/ha (7) | | | | | | |
| 66 | 24 | 69 | 93 | 99 | | 71 |
| 153 | 14 | 43 | 99 | 115 | 14 | 68 |
| 333 | 18 | 44 | 87 | 109 | | 64 |
| 542 | 16 | 46 | 104 | 106 | | 68 |
| Átlag (4) | 18 | 50 | 96 | 107 | 7 | 68 |

Megjegyzés: Adatok a K-kezelések átlagában közölve (8)

Table 3: Effect of NxP supply levels on the hay yield and N-uptake of grass on October 9th, 2001. Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ mg/kg in plow-layer (1), N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), mean (4), air-dry hay t/ha (5), N % in hay (6), uptaken N kg/ha (7).

Note: data given as a mean of K-treatments.(8)

Az NxP kétirányú adatközlés a K-kezelések átlagában történt, érdemi K-hatások ill. NxK vagy PxK kölcsönhatások nem alakultak ki. Extrémebb különbségek jöttek létre viszont az abszolút kontroll, tehát az N₀P₀K₀ kezelés, az egyoldalú N-trágyázás (N₁P₀K₀), illetve az emelkedő N₂P₂K₂ és N₃P₃K₃ kezelések között. Erről nyújt áttekintést a 4. táblázat. Látható, hogy a bőségesebb és arányos NPK kezelésekben az anyaszéna tömege kétszerese a sarjűszénának. A széna N %-a is emelkedik, de a két kaszálás N-tartalma nem tér el érdemben. Mivel az abszolút kontroll szénatermése 3 t/ha-ról 13 t/ha-ra, a két kaszálás átlagában több

mint 4-szeresére emelkedik és az átlagos N % is megkétszereződik, a N felvétele csaknem egy nagyságrenddel ugrik meg. Megemlítjük, hogy a gyep légszáranyag-tartalmát a növekvő N-trágyázás az 1. kaszálásnál 33%-ról 31%-ra, míg a 2. kaszálásnál 27%-ról 21%-ra igazolhatóan mérsékelte.

4. táblázat Különböző NPK ellátottsági szintek hatása és a N-hasznosulás, 2001.

| Kaszálás ideje év/hó/nap (1) | NPK-ellátottsági szintek, ill. kombinációik (2) | | | | | SzD _{5%} (3) |
|--|---|--|--|--|--|--------------------------|
| | N ₀ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₁ K ₁ | N ₂ P ₂ K ₂ | N ₃ P ₃ K ₃ | |
| Légszáraz széna, t/ha (4) | | | | | | |
| 2001. 05. 23. (11) | 1,7 | 3,5 | 7,8 | 7,9 | 8,8 | 2,0 |
| 2001. 10. 09. (12) | 1,2 | 2,0 | 2,6 | 3,7 | 4,2 | 0,8 |
| Együtt (13) | 3,0 | 5,5 | 10,4 | 11,6 | 13,0 | 2,4 |
| N % (5) | | | | | | |
| 2001. 05. 23. (11) | 1,34 | 1,74 | 1,96 | 2,34 | 3,02 | 0,64 |
| 2001. 10. 09. (12) | 1,47 | 2,08 | 2,35 | 2,24 | 2,94 | 0,62 |
| Együtt (13) | 1,40 | 1,91 | 2,16 | 2,29 | 2,98 | 0,60 |
| N kg/ha (6) | | | | | | |
| 2001. 05. 23. (11) | 23 | 61 | 153 | 184 | 265 | 64 |
| 2001. 10. 09. (12) | 18 | 42 | 61 | 83 | 123 | 28 |
| Együtt (13) | 41 | 103 | 214 | 67 | 388 | 68 |
| Terméstöbblet, légszáraz széna, t/ha (7) | | | | | | |
| 2001. 05. 23. (11) | - | 1,8 | 6,1 | 6,2 | 7,1 | 2,0 |
| 2001. 10. 09. (12) | - | 0,8 | 1,4 | 2,5 | 3,0 | 0,8 |
| Együtt (13) | - | 2,6 | 7,5 | 8,7 | 10,1 | 2,4 |
| 1 kg N-re jutó szénatöbblet, kg (8) | | | | | | |
| 2001. 05. 23. (11) | - | 18 | 61 | 31 | 24 | 20 |
| 2001. 10. 09. (12) | - | 8 | 14 | 12 | 10 | 8 |
| Együtt (13) | - | 26 | 75 | 43 | 34 | 24 |
| Felvett N-többlet, kg/ha (9) | | | | | | |
| 2001. 05. 23. (11) | - | 38 | 130 | 161 | 242 | 64 |
| 2001. 10. 09. (12) | - | 24 | 43 | 65 | 105 | 28 |
| Együtt (13) | - | 62 | 173 | 226 | 347 | 68 |
| N hasznosulási %-a (10) | | | | | | |
| 2001. 05. 23. (11) | - | 38 | 130 | 80 | 81 | 40 |
| 2001. 10. 09. (12) | - | 24 | 43 | 33 | 35 | 6 |
| Együtt (13) | - | 62 | 173 | 113 | 116 | 48 |

Table 4: Effect of different NPK supply levels on the hay yield and N-uptake of grass by cuts in 2001. Date of harvest yr/month/day (1), NPK supply levels or combinations (2), LSD_{5%} (3), air dry hay t/ha (4), N% in hay (5), N-uptake kg/ha (6), surplus hay t/ha (7), surplus hay kg/kg N (8), surplus N-uptake kg/ha (9), applied N recovered in % (10), 1st cut on May 23rd 2001 (11), 2nd cut on October 9th 2001 (12), together (13).

Kísérletünk 25. és 26. évében olaszperjével végeztünk vizsgálatokat. Érdemi K-hatásokat nem kaptunk, P-hatások az 1. évben voltak igazolhatók e talajon. A 2. évben csak a N-hatások domináltak, a talaj N-szolgáltatása drasztikusan lecsökkent. Az 1. évben az NP-trágyázással a kontrollon termett 3,8 t/ha széna 7,0 t/ha-ra, a 2. évben a 2,6 t/ha kontroll termése 12,0 t/ha-ra ugrott az optimális 200

kg/ha/év N-adaggal. Fajlagos hatékonyság tekintetében a 100 kg/ha/év N-adag volt a leginkább gazdaságos: az 1. évben minden kg N-re 110 kg zöld, ill. 13 kg széna, a 2. évben 220 kg zöld, ill. 74 kg széna többlettermés jutott (Kádár 2004, Kádár és Schill 2004). A széna kielégítő N-ellátottságát virágzás idején az 1. évben a 2,5% feletti, a 2. évben az 1,0-1,5% feletti N-tartalom jelezte. A 200 kg/ha/év N-adag alkalmazásakor a $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrációja már a 0,25% megengedett határt túllépte.

A N-trágyázás hatékonyságát elemezve a gyepek kísérletben a 4. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a P-ral és K-mal is kielégítően ellátott talajon a 100 kg/ha/év adag ($\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$ kezelés) adta az 1 kg N-re jutó maximális szénatöbbletet: az 1. kaszálás 61 kg, a 2. kaszálás 14 kg, azaz összesen 75 kg szénát/kg N-re. Megfelelő hatékonyságú volt a 200 kg/ha/év N-adag 43 kg, sőt a 300 kg/ha/év N-adag is 34 kg szénatöbblettel/kg N-re. A 300 kg/ha/év adagnál azonban a széna $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalma a megengedettnél túllépte, az anyaszénában 0,34%-ot ért el. A kontroll talajon ez az érték 0,06; a 100 kg/ha/év adagnál 0,10; a 200 kg/ha/év N-adagnál 0,22% volt. A 2. kaszálásnál a $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége mintegy a felére csökkent az egyes kezelésekben.

A különbség módszerrel számított N-hasznosulás %-a a PK-val kielégítően ellátott kezelésekben meghaladta a 100%-ot. Whitehead (1970) szerint a N hasznosulása általában 50-70%, de 100% felett is lehet és 300 kg/ha/év adagig érdemben nem csökken. A 100% feletti hasznosulás oka, hogy a N-műtrágya hatására gyorsul a mineralizáció, az elhalt gyökerek/szervesanyag bomlása, javulhat a talaj ásványi részeinek feltáródása, nő a termés, az elemek felvétele és növénybeni transzportja. Esetünkben a talaj $\text{NO}_3\text{-N}$ -ben gazdagodott a telepítést megelőzően a túltrágyázás nyomán, így a luxusfelvétel kifejezetté válhatott. Amennyiben a gyökértömegbe épült N mennyiségére gondolunk, a N látszólagos hasznosulása akár a 200%-ot is elérhette.

Összefoglalás

- Vetéstől az 1. kaszálásig, 2001. 05. 23-ig összesen 391 mm csapadék hullott a 8 hónap alatt. A 2. kaszálás október 9-én történt, a közel 4,5 hónapos periódus alatt újabb 368 mm eső esett. A kedvező csapadékelátás nyomán az abszolút kontroll parcellák szénatermése az 1. kaszálással 1,7 t/ha-ról 8,8 t/ha-ra, a 2. kaszálással 1,2 t/ha-ról 4,2 t/ha-ra, az 1+2. kaszálás éves szénahozama 3 t/ha-ról 13 t/ha-ra nőtt az $\text{N}_3\text{P}_3\text{K}_3$ kezelésekben.

- A fiatal állomány N-igénye még mérsékelt, míg P-igénye erőteljes. A jobb kezdeti fejlődés segítése céljából a gyepek telepítése előtt célszerű a talajt a „közepes” P-ellátottsági szintre feltölteni. E termőhelyen a 150 mg/kg körüli $\text{AL-P}_2\text{O}_5$ tartalom tekinthető elérendő célnak. Idővel a gyepek P-igénye csökkent, míg N-igénye emelkedett. K-hatások nem jelentkeztek ezen a 135 mg/kg $\text{AL-K}_2\text{O}$ ellátottságú termőhelyen.

- A 2. kaszálás idején P-hatásokat már nem kaptunk, a fűvek kielégítették P-igényüket a 28 éve P-ral nem trágyázott, 66 mg/kg $\text{AL-P}_2\text{O}_5$ „gyenge” ellátottságúnak minősített talajon is. Termés a N-adag függvénye volt, mely a szénahozamokat megnégyszerezte. Az 1. kaszálásnál a 100 kg/ha, a 2. kaszálásnál a 200 kg/ha/év N-adag bizonyult előnyösnek. A 2. kaszálás kisebb termést, de N-ben gazdagabb szénát eredményezett. A széna kielégítően ellátottnak tekinthető N-ben, ha az anyaszéna N-tartalma a 2%-ot, a sarjuszéna N-tartalma a 2,5-3,0%-ot eléri.

A gyeplégszáraz-anyag tartalmát a N-trágyázás az 1. kaszálásnál 33%-ról 31%-ra, a 2. kaszálásnál 27%-ról 21%-ra csökkentette.

- A PK-val kielégítően ellátott talajon a 100 kg/ha/év N-adag adta a maximális szénatöbbletet: az 1. kaszálással 61 kg, a 2. kaszálással 14 kg, azaz összesen 75 kg szén/kg N-re. A 200 kg/ha/év N 43 kg, a 300 kg/ha/év N 34 kg többletszénát eredményezett minden kg N-re. A 300 kg/ha/év N-adagnál az anyaszén $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalma 0,34%-ot ért el, túllépve a megengedett 0,25%-os koncentrációt. A kontrollon 0,06; N 100 kg/ha/év kezelésben 0,10; N 200 kg/ha/év kezelésben 0,22%-ot mértünk. A 2. kaszálásnál a sarjűszén $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete átlagosan felére csökkent az egyes kezeléseknél.

- A különbség-módszerrel számított N-hasznosulás a PK elemekkel is kielégítően ellátott kezeléseknél meghaladta a 100%-ot. Ez visszavezethető a nagyobb termékek fokozott N-felvételére a talaj $\text{NO}_3\text{-N}$ készletének rovasára, melyet a korábbi évek túltrágyázása eredményezett.

I. Kádár (2004): Effect of fertilisation on the yield and N-uptake of an established all-grass sward in 2001 (Summary)

- The effects of different N, P and K supply levels and their combinations on the development, yield and N-uptake of an established all-grass sward were examined in the 28th year of a long-term fertilization experiment set up on a calcareous chernozem soil. The soil of the growing site contained around 3% humus, 5% CaCO_3 , 20-22% clay in the ploughed layer and was originally moderately well supplied with available K, Mg, Mn and Cu and poorly supplied with P and Zn. The trial included $4\text{N} \times 4\text{P} \times 4\text{K} = 64$ treatments in 2 replications, giving a total of 128 plots. The fertilizers applied were Ca-ammonium nitrate, superphosphate and potassium chloride. The groundwater table was at a depth of 13-15 m and the area was prone to drought. In 2001, however, the area had a satisfactory amount of 621 mm precipitation with a fairly good distribution. The grass was established on 21. September 2000. The main results and conclusions can be summarised as follows:

- Grass herbage had a very favourable wet year in 2001 with over 700 mm rainfall during the total vegetation period. The hay yield of unfertilised control plots was by the 1st cut 1.7 t/ha, by the 2nd cut 1.2 t/ha, while the N3P3K3 treatment gave 8.8 t/ha and 4.2 t/ha resp., so NPK fertilization increased the air-dried hay yield from 3 t/ha to 13 t/ha (1st+2nd cuts together).

- The N-requirement of the young grass was moderate while the P-response significant by the 1st cut. The optimum P-supply was at the 150 mg/kg ammoniumlactate soluble $\text{AL-P}_2\text{O}_5$ in the plow layer. There were no K-responses on this soil with 135 mg/kg $\text{AL-K}_2\text{O}$ values.

- There were no P responses any more by the 2nd cut even on the low P-supply soil, with 66 mg/kg $\text{AL-P}_2\text{O}_5$ value, while the applied N increased the hay yield 4 times. The optimum N content in the hay, leading to maximum yield, amounted 2% by the 1st cut and 2.5-3.0% at the 2nd cut. Applied N decreased air-dried content at the 1st cut from 33% to 31%, at the 2nd cut from 27% to 21%.

- On the soil, well supplied with PK, the 100 kg/ha/yr N treatment gave the maximum hay surpluses: at the 1st cut 61 kg, at the 2nd cut 14 kg, that is a total of 75 kg hay/kg N applied. The 200 kg/ha/yr plots yielded 43 kg, 300 kg/ha/yr yielded

34 kg hay/kg N applied. The primary sward hay had 0.34% NO₃-N in the 300 kg/ha/yr treatment, which was over the allowable 1.25% NO₃-N limit for animal foodstuff. The NO₃-N content in the N-control plots amounted 0.06%, in the 100 kg/ha/yr treatment 0.10%, in the 200 kg/ha/yr treatment 0.22%. At the 2nd cut the hay had generally, half as high NO₃-N content as in the 1st cut hay in all treatments.

- The apparent recovery of applied N, using difference method, was even more than 100% on the well supplied with PK soil suggesting that in these instances grass herbage could make a good use of soil NO₃-N pool accumulated in soil during the previous period and not used by the crops.

1.2. A takarmányérték és tápanyaghozam

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Kovács (1990) szerint a „Takarmány az állati eredetű élelmiszerek termelésének és az állatok egészségének legmeghatározóbb tényezője.” Kulcskérdés a takarmány minősége, mely megszabja a hasznosulást. A takarmányozás költsége általában a 60%-ot is eléri az állattenyésztésben, melynek bruttó termelési értékét a megfelelő takarmány 20-30%-kal javíthatja. Részben azáltal, hogy nő az állatok ellenálló képessége. Ugyanis a vetélések, elhullások jelentős hányada, szaporodásbiológiai problémák, betegségek és toxikózisok oka gyakorta a nem megfelelő takarmány. Hangsúlyozza, hogy a talaj-növény-állat rendszer összefügg, de nem vagyunk képesek az anyagforgalmát ellenőrizni és irányítani. Hiányok és káros túlsúly alakulhat ki, amely anyagforgalmi zavarokkal jár. Említést tesz a Bokori (1986) által végzett ellenőrző vizsgálatok eredményeiről, amelyek szerint a hízó sertések bélsára a Fe, Mn, Zn, Cu elemek tekintetében üzemenként 5-10-szeres eltéréseket mutatott. Utal arra, hogy Brydl (1990) 3 éven át 13 nagyüzemben mintegy 10 ezer tehénre kiterjedően vérvizsgálattal ellenőrizte a takarmányozás hatását az állományra. A takarmányozási hibákat feltárva és megszüntetve az elhullás mintegy 60%-kal csökkent. Fontos lenne tehát olyan átfogó diagnosztikai labor- és ellenőrzőhálózat működtetése, amely a talaj-növény-állat rendszert folyamatosan vizsgálná.

A takarmányok kémiai vizsgálata azok minősítését, nem pedig a tiszta kémiai vegyületek meghatározását célozza. A takarmányozási érték, ill. az analitika szempontjából hasonló vegyületek csoportja adja a víz, nyersfehérje, nyerszsír, nyersrost, nyershamu és a N-mentes kivonható anyag (*Nmka*) kategóriáját. A nyersfehérjét úgy kapjuk meg, hogy a széna N-tartalmát 6.25-tel szorozzuk, mivel a fehérjék átlagosan 16% N-készlettel rendelkeznek. A takarmány összes N-jét határozzuk meg, így a valódi fehérjéken kívül a savamidok, aminosavak, peptidok és egyéb N-vegyületek (nitrát-N, ammónium-N stb.) is benne foglaltatnak a nyersfehérje fogalmában.

A fehérjéket tekintik a takarmány legfontosabb szerves összetevőinek. Fehérjét ugyanis csak fehérjéből tud a legtöbb állat felépíteni. Az állati eredetű élelmiszerek értékét is megszabja általában a fehérjetartalom. Mivel a hazai takarmánybázis fehérjeszegény, fehérje gyakran a limitáló tápanyag. A fehérje beépüléséhez megfelelő energia szükséges, különben rossz hatásfokkal csupán

energiát szolgáltat az állatnak és elzsírosodással jár. Fontos tehát vizsgálni a takarmányok energiatartalmát is, melyet MJ/kg takarmány szárazanyagra közölnek. A szénhidrátok, zsírok fehérjék, szerves savak elégtelen tápanyagok égéshőjének megfelelő energiát szolgáltatnak.

Szót kell ejteni a metabolizálható vagy hasznosítható fehérje (MF) értékelési rendszeréről kérődzőknél. A takarmányok emészthető nyersfehérje tartalma nem jellemzi megfelelően a fehérje hasznosulását. A fehérjék mintegy 70%-a a bendőben lebomlik és jelentős részben mikrobafehérjévé alakul, majd ezután szívódik fel a vékonybélben aminosavak formájában. A maradék viszont közvetlenül felszívódhat a vékonybélből, aminosavakra bomlását követően. A két irány eltérő hasznosulást eredményez. A mikrobafehérje aminosav tartalmát és emészthetőségét egyaránt 80%-osnak tekintve 64%-os hasznosulás adódik. A vékonybélből közvetlenül felszívódó bypass fehérje aminosav készlete 100%-nak vehető, de a hasznosulását több tényező módosíthatja (*Schmidt et al. 1998*).

A mikrobafehérje bendőben végbemenő szintézisét főként a rendelkezésre álló energia mennyisége és a mikrobák N-ellátottsága befolyásolja. A takarmányoknak tehát kétféle metabolizálható/hasznosítható fehérjeértékük lehet:

1. A N-függő metabolizálható fehérje (MFN). Ez a takarmányfehérje bypass hányadának emészthető valódi fehérje készlete és a bendőben lebomló hányadból potenciálisan szintetizálható mikrobiális emészthető valódi fehérje összege.
2. Az energiafüggő metabolizálható fehérje (MFE). Ez a takarmányfehérje bypass hányada emészthető valódi fehérjetartalmának és a takarmány fermentálható szerves anyagából potenciálisan szintetizálható mikrobiális emészthető valódi fehérje mennyisége. Az állatok termelését mindig a kisebb MF érték fogja limitálni.

A nyersrost azon szerves anyagokat tartalmazza, amelyek híg savval majd lúggal való főzés, ill. alkoholos és éteres mosás után visszamaradnak. A fehérjék, zsírok, amidok, szénhidrátok és a különböző ásványi elemek kioldása után döntően a sejtfalakat alkotó cellulózt és lignint, valamint a hemicellulóz és a pektin egy részét, továbbá az egyéb híg savban a lúgban oldhatatlan szerves vegyületeket mérjük itt. A rost hiánya bélsárpangást, rossz emészthetőséget okozhat. Kedvező a rost étrendi hatása, biztosítja a jóllakottság érzését. Takarmányozási szempontból a 2 : 1 = nyersrost : nyersfehérje körüli arányt tekintik megfelelőnek a kérődző szarvasmarhánál (*Fekete 2003*).

Vinczeffy (1998) arra hívja fel a figyelmet, hogy legelőfűben elégséges a fehérje. Sőt, kora tavasszal több fehérje fordul elő az 1. kaszálás idején és kialakulhat a rosthány. Mindez egészségtelen és gazdaságtalan, mert luxus-fehérjefogyasztással jár. Nem alakul ki a jóllakottság érzése az állatban, és anyagszere zavarak lépnek fel. Célszerű ilyenkor szalmát vagy kukoricaszárat is adni kiegészítésként. A sok N és a gyakori vágás fiatal hajtást eredményez alacsony szárazanyag és kevés rost tartalommal. Legjobban hasznosulhat a takarmány szerinte is, ha a nyersrost : nyersfehérje aránya a 2:1 körüli. Minden tonna gypszena 0,2 számossalat/ha/év terhelhetőséget eredményezhet a legelőn, a 10 t/ha tehát megtízszerezheti az állattartó képességet.

Említést kell tenni arról, hogy a nyersrost a növényi sejtfal anyagai közül tartalmazza a baktériumok közreműködésével jól emészthető energiaforrásnak minősülő hemicellulózt és cellulózt, valamint az emészthetetlen (sőt az előbb

említett alkotók emésztését is gátló) lignint. *Georing és van Soest (1970)* által javasolt analitikai eljárás lehetővé teszi az emészthetőség szerinti elválasztást. A takarmánymintákat semleges kémhatású közegben detergens anyagok jelenlétében főzzük, majd vízzel és acetonnal mossuk. A sejtplazma feloldódik, visszamarad a neutrális detergens rost (*NDF*), mely lényegében a sejtfal összes anyagát tartalmazza. Amennyiben a főzés híg 0,5 mólos kénsavval történik, a hemicellulóz feloldódik és visszamarad a savdetergens rost (*ADF*). A 72%-os kénsavban való főzéskor a cellulóz is feloldódik és a savdetergens lignin (*ADL*) marad vissza.

A takarmány nyerszsír tartalmát 8 órás petroléteres extrahálással, Soxhlet-féle készülékben határozzák meg. Extraktum a nyerszsír, amely lényegében a lipideket takarja. Ide tartoznak a gliceridek, viaszok, szteroidok és terpének (utóbbiak hormonokat, vitaminokat, koenzimeket tartalmaznak), valamint a növényi színanyagok. A szénában a nyerszsír tetemes részét alkotják a karotinoidok, klorofill, melyek a színt adják, míg az illóolajok az ízletességet növelik. A takarmány minősége szempontjából tehát alapvető a nyerszsír mennyiségének ismerete. A zsírok segítik a fehérje-beépülést, csontképzést. A takarmányban 2-3 % nyerszsír kívánatos. Hiánya és túlsúlya egyaránt anyagcsere zavarokat okozhat (*Schmidt 1993, Fekete 2003*).

Ha a takarmány szervesanyagából levonjuk a nyersfehérje, nyersrost és a nyerszsír együttes mennyiségét, megkapjuk a szerves összetevők N-mentes kivonható anyagának (*Nmka*) nevezett csoportját. Mennyiségi meghatározása számítással történik az ismert képlet alapján:

$Nmka = 100 - (\text{víz} + \text{hamu} + \text{nyersfehérje} + \text{nyersrost} + \text{nyerszsír})$. Ebben a vegyületcsoportban jelennek meg a cukrok, a keményítő, alkaloidok, glikozidok, a hemicellulóz oldható része és egyéb szerves savak. A szénhidrátok könnyen emészthetők, hatékony és olcsó energiahordozóknak minősülnek. Nyershamut az 550 °C-on elhamvasztott maradék adja, magában foglalva a nem illó ásványi alkotókat, valamint a por- és homokszennyeződést. Az ásványi elemek egy része azonban a hamvasztás során részben vagy egészében elillanhat (B, Se, S, Hg stb.).

A takarmányok energiatartalmának számításánál a zsírtartalmat 2,25-tel szorozzuk, ennyivel haladja meg átlagosan a zsír energiaszolgáltatása a fehérje, rost, ill. a *Nmka* energiakészletét. A monogasztrikus és a kérődző állatok energiaforgalma eltérő, ebből adódik az energiaszámítás különbözősége. Az emészthető energia (*DE*) 82%-át tekintik hasznosíthatónak (*ME*) a szarvasmarhánál és a juhban. Az életfenntartó nettóenergiát (*NEm*) és a súlygyarapodási nettóenergiát (*NEg*) a hasznosítható (*ME*), a tejtermelő nettóenergiát (*NEI*) az emészthető (*DE*) energiából számítással határozzák meg (*Schmidt et al. 1998, 2000; Kóta et al. 2000*).

A *Thaer* által 1804-ben javasolt szénaegyenértéktől, majd *Kellner* által 1905-ben ajánlott nettó energián alapuló értékelési rendszeren át eljutottunk a modern takarmányértékelési módszerekig, melyek a takarmányok táplálóértékét állatfajonként és termelési irányhoz mint hízómarha, tejelő tehén stb. adják meg. A bevitt bruttó energia (*BE*) mellett megkülönböztetünk emészthető vagy digestibilis (*DE*), hasznosítható vagy metabolizálható (*ME*) energiát. A nettó energia (*NE*) a létfenntartást (*NEm*), testtömeg gyarapodást (*NEg*) vagy a tejtermelést (*NEI*) egyaránt szolgálhatja, levezethető az emészthető, ill. a hasznosítható formákból.

Az előző fejezetben ismertettük a kísérletünk módszerét, körülményeit, ill. a gyeprágyázással összefüggő fontosabb hazai és külföldi forrásokat. Bemutattuk az eltérő tápláltsági szintek és kombinációik hatását a telepített gyeperő fejlődésére, első évének termésére, a gyeper N-felvételére és a N-műtrágyák hasznosulására. Jelen fejezet a takarmányérték változásait követi nyomon, valamint a trágyázás hatékonyságát vizsgálja a takarmányhozam függvényében.

Eredmények

Az 1. táblázat áttekintést nyújt minden takarmány-értékmérő tulajdonság változásáról a N, P és a K ellátottsági szintek függvényében. Megállapítható, hogy az 1. kaszálást adó anyaszéna neutrális detergens rostban (*NDF*) a leggazdagabb, mely durván a sejtfal összes anyagát magában foglalhatja. Az *NDF*-nek átlagosan 54%-át teszi ki a savdetergens rost (*ADF*), tehát a hiányzó 46% körüli mennyiség utalhat az oldatba került hemicellulóz mennyiségére. A maradék 50% feletti rész pedig a cellulóz + lignin + rosthamu összetevőkre. Az *NDF* és *ADF* rostfrakciók mennyisége mérsékelten emelkedik a P-trágyázással, valamint csökken a K-kínálattal.

A N-mentes kivonható anyag (*Nmka*) látványosan visszaesik a trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva a N, ill. mérsékelten a K kínálatával. A P-trágyázás némileg ellensúlyozza e folyamatot. A nyersrost igazolhatóan nő a P-kínálattal, a N és K mennyiségét nem módosítja. A nyersfehérje koncentrációját megkétszerezi a N-trágyázás, de a K-kínálat is 10-15% javulást eredményez.

Ami a metabolizálható fehérjéket (*MF*) illeti látható, hogy a trágyázatlan kontroll talajon a N-függő metabolizálható/hasznosítható fehérje (*MFN*) ad kisebb értéket, tehát az állatok termelését ez fogja limitálni. A növekvő N-kínálat nyomán az *MFN* értéke több mint kétszereződik és eléri az energiafüggő *MFE* értéket. Részben hasonló effektust gyakorol a K-trágyázás is. A nyershamu mennyisége 70 g/kg körüli a kontroll talajon termett szénában, és átlagosan 15%-kal emelkedik a N és K trágyázással. A nyerszsír mindössze 26 g/kg koncentrációt jelez a kontroll talajon és a P-trágyázással 10-30%-kal mérséklődhet (1. táblázat).

A széna energiatartalmát vizsgálva megállapítható, hogy a tejtermelő nettóenergia (*NEI*) és az életfenntartó nettóenergia (*NE_m*) átlagai közelálló 5 MJ/kg körüli, míg a súlygyarapodási nettóenergia (*NE_g*) 2,6 MJ/kg értéket mutat. A N-trágyázás igazolhatóan 10-15%-kal javította az említett energiafeleslegek értékeit a takarmányban. A P és K illetően hatása nem volt kimutatható. Az 1. táblázatban bemutatott áttekintésen túlmenően kísérletünk lehetővé teszi, hogy a meghatározó NxP ellátottsági szintek közötti kölcsönhatásokat is elemezzük, ahogy azok a természetben is megnyilvánulhatnak.

Míg az anyaszéna hozamát 2001-ben a NxP pozitív kölcsönhatások alakították ki, a vizsgált takarmányérték mutatóiban az NxK kölcsönhatások voltak inkább a mérvadók. Adatainkat a 2. táblázat foglalja össze. A N-mentes kivonható anyag a kontrollon mért 532 g/kg-ról 390-re zuhant az együttes NK-túlsúly nyomán. A nyersfehérje koncentrációja ezzel szemben 64 g/kg-ról 183 g/kg értékre ugrott a pozitív NxK kölcsönhatások eredményeképpen. Mindez azt is jelenti, hogy az *Nmka*/nyersfehérje aránya a kontroll talajon mért 8,3-ról 2,1-re szűkült.

1. táblázat Műtrágyázás hatása a légszáraz gypszena takarmányértékére 2001.05.23.

| Mért jellemzők (1) | Mértékegység (2) | NPK ellátottsági szintek (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|------------------------------|------------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | | |
| N hatására (PK átlagai) (18) | | | | | | | |
| NDF (6) | g/kg | 586 | 582 | 586 | 581 | 5 | 584 |
| Nmka (7) | g/kg | 519 | 457 | 440 | 421 | 16 | 459 |
| ADF (8) | g/kg | 319 | 318 | 323 | 297 | 14 | 314 |
| Nyersrost (9) | g/kg | 316 | 316 | 314 | 315 | 5 | 315 |
| Nyersfehérje(10) | g/kg | 74 | 126 | 141 | 160 | 13 | 125 |
| MFE (11) | g/kg | 76 | 93 | 100 | 105 | 5 | 94 |
| MFN (12) | g/kg | 48 | 82 | 93 | 106 | 9 | 82 |
| Nyershamu (13) | g/kg | 69 | 81 | 82 | 81 | 3 | 78 |
| Nyerszsír 14) | g/kg | 22 | 20 | 24 | 23 | 4 | 22 |
| NE ₁ (15) | MJ/kg | 4,8 | 5,0 | 5,2 | 5,2 | 0,1 | 5,0 |
| NE _m (16) | MJ/kg | 4,6 | 4,8 | 5,2 | 5,0 | 0,1 | 4,9 |
| NE _g (17) | MJ/kg | 2,4 | 2,4 | 2,8 | 2,8 | 0,1 | 2,6 |
| P hatására (NK átlagai) (19) | | | | | | | |
| NDF (6) | g/kg | 576 | 585 | 590 | 585 | 5 | 584 |
| ADF (8) | g/kg | 296 | 318 | 323 | 319 | 14 | 314 |
| Nyersrost (9) | g/kg | 303 | 321 | 316 | 322 | 5 | 315 |
| Nyersfehérje(10) | g/kg | 123 | 121 | 123 | 133 | 13 | 125 |
| Nyerszsír (14) | g/kg | 26 | 23 | 18 | 22 | 4 | 22 |
| K hatására (NP átlagai) (20) | | | | | | | |
| NDF (6) | g/kg | 590 | 588 | 581 | 577 | 5 | 584 |
| Nmka (7) | g/kg | 474 | 465 | 455 | 444 | 16 | 459 |
| ADF (8) | g/kg | 324 | 321 | 308 | 304 | 14 | 314 |
| Nyersfehérje(10) | g/kg | 119 | 120 | 125 | 137 | 13 | 125 |
| MFE (11) | g/kg | 92 | 92 | 93 | 98 | 5 | 94 |
| MFN (12) | g/kg | 78 | 79 | 82 | 90 | 9 | 82 |
| Nyershamu (13) | g/kg | 72 | 78 | 80 | 82 | 3 | 78 |

Table 1. Effect of N, P and K fertilization on the fodder nutrition values of dry herbage on 23rd, May 2001. Measured Characteristics (1), Measuring Units in D.M. (2), NPK supply levels (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Neutral Detergent Fibre (6), N-free Extract (7), Acid Detergent Fibre (8), Crude-fibre (9), Crude-protein (10), Energy-dependent Metabolic Protein (11), N-dependent Metabolic Protein (12), Crude-ash (13), Crude-fat (14), Milk Production Net Energy (15), Life Maintenance Net Energy (16), Live Weight Gain Net Energy (17), N-responses as means of PK treatments (18), P-responses as means of NK treatments (19), K-responses as means of NP treatments (20).

A nyershamu mennyiségét mind a N, mind a K kínálata növelte, így a kontrollon kapott 69 g/kg érték kerekén 26%-kal lett több az együttes NK trágyázással, elérve a 87 g/kg értéket. A N-függő metabolizálható fehérje (MFN) ugyanitt 42-ről 120 g/kg mennyiségre ugrott, mintegy megháromszorozódott. Összefoglalóan megállapítható, hogy a műtrágyázás, ill. a talaj tápelem kínálata drasztikus változásokat eredményezhet a takarmány minőségében, összetételében (2. táblázat). Lássuk a továbbiakban hogyan alakulnak a hektárra vetített takarmányérték-hozamok a termést meghatározó NxP kölcsönhatások függvényében.

2. táblázat NxK ellátás hatása a gyepszéna takarmányösszetételére, 2001. 05. 23.

| N-szintek (1) | K-ellátottsági szintek, AL-K ₂ O mg/kg (2) | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|---|---|-----|-----|-----|-------------------|-------|
| N kg/ha/év | 135 | 193 | 279 | 390 | (3) | (4) |
| N-mentes kivonható anyag, g/kg (5) | | | | | | |
| 0 | 532 | 519 | 516 | 509 | | 519 |
| 100 | 472 | 456 | 445 | 457 | 31 | 457 |
| 200 | 462 | 448 | 428 | 420 | | 440 |
| 300 | 428 | 437 | 430 | 390 | | 421 |
| Átlag (4) | 474 | 465 | 455 | 444 | 16 | 459 |
| Nyersfehérje, g/kg (6) | | | | | | |
| 0 | 64 | 73 | 76 | 81 | | 74 |
| 100 | 121 | 124 | 128 | 130 | 26 | 126 |
| 200 | 135 | 130 | 144 | 154 | | 141 |
| 300 | 155 | 152 | 152 | 183 | | 160 |
| Átlag (4) | 119 | 120 | 125 | 137 | 13 | 125 |
| Nyershamu, g/kg (7) | | | | | | |
| 0 | 69 | 67 | 71 | 69 | | 69 |
| 100 | 74 | 82 | 83 | 84 | 6 | 81 |
| 200 | 72 | 82 | 85 | 88 | | 82 |
| 300 | 73 | 81 | 83 | 87 | | 81 |
| Átlag (4) | 72 | 78 | 80 | 82 | 3 | 78 |
| N-függő Metabolizálható Fehérje (MFN), g/kg (8) | | | | | | |
| 0 | 42 | 47 | 50 | 53 | | 48 |
| 100 | 79 | 81 | 83 | 86 | 17 | 82 |
| 200 | 93 | 85 | 95 | 101 | | 93 |
| 300 | 101 | 103 | 100 | 120 | | 106 |
| Átlag (4) | 78 | 79 | 82 | 90 | 9 | 82 |

Megjegyzés: adatok a P kezelések átlagai

Table 2.: Effect of NxK supply levels on some constituents of dry herbage on 23rd May 2001. N-levels, N kg/ha/yr (1), K-supply Levels (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), N-free Extract, g/kg (5), Crude-protein, g/kg (6), Crude-ash, g/kg (7), N-dependent Metabolic Protein, g/kg (8). Note: data given as means of P-treatments.

A 3. táblázatban bemutatott eredmények szerint a N-mentes kivonható anyag 1,7-3,6 t/ha között ingadozott az NxP kezelések függvényében. Maximális hozamokat a 100 kg/ha/év N-trágyázás biztosította. A 150 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottság feletti tartományban már igazolható többletek nem adódtak a kontrollhoz képest. Ami a trágyahatásokat illeti, hasonló mondható el a nyersrost hozamának alakulásával kapcsolatban is, ami a kezelések függvényében 1,0-2,6 t/ha tartományban mozgott. Ezzel szemben a nyersfehérje hozamát az együttes NP-túlsúly 0,3 t/ha-ról 1,5 t/ha-ra növelte, a kontrollhoz képest megötszörözte. A nyersrost/nyersfehérje hozamaránya az egyoldalú P-túlsúly eredményeképpen 4-5 körüli, míg a N-bőség nyomán 2 körüli értékre állt be.

3. táblázat NxP ellátottság hatása a gyepszéna takarmányérték hozamára, 2001.05.23.

| N-szintek (1) | P-ellátottsági szintek, AL-P ₂ O ₅ mg/kg (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|------------------------------------|--|-----|-----|-----|--------------------------|--------------|
| N kg/ha/év | 66 | 153 | 333 | 542 | | |
| N-mentes kivonható anyag, t/ha (5) | | | | | | |
| 0 | 1,7 | 2,9 | 3,0 | 2,5 | | 2,5 |
| 100 | 1,8 | 3,2 | 3,6 | 3,6 | 0,6 | 3,1 |
| 200 | 1,8 | 3,3 | 3,2 | 3,3 | | 2,9 |
| 300 | 2,0 | 2,9 | 3,3 | 3,3 | | 2,9 |
| Átlag (4) | 1,8 | 3,1 | 3,3 | 3,2 | 0,3 | 2,8 |
| Nyersrost, t/ha (6) | | | | | | |
| 0 | 1,0 | 1,7 | 1,9 | 1,6 | | 1,5 |
| 100 | 1,2 | 2,3 | 2,5 | 2,6 | 0,4 | 2,2 |
| 200 | 1,1 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | | 2,1 |
| 300 | 1,6 | 2,2 | 2,2 | 2,5 | | 2,1 |
| Átlag (4) | 1,2 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 0,2 | 2,0 |
| Nyersfehérje, t/ha (7) | | | | | | |
| 0 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | | 0,3 |
| 100 | 0,5 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 0,2 | 0,8 |
| 200 | 0,5 | 1,1 | 1,0 | 1,2 | | 0,9 |
| 300 | 0,7 | 1,1 | 1,2 | 1,5 | | 1,1 |
| Átlag (4) | 0,5 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 0,1 | 0,8 |
| Nyersrost/nyersfehérje aránya (8) | | | | | | |
| 0 | 3,3 | 5,7 | 4,8 | 4,0 | | 4,4 |
| 100 | 2,4 | 2,6 | 2,5 | 2,6 | 0,6 | 2,5 |
| 200 | 2,2 | 2,2 | 2,4 | 2,1 | | 2,2 |
| 300 | 2,3 | 2,0 | 1,8 | 1,7 | | 2,0 |
| Átlag (4) | 2,6 | 3,1 | 2,9 | 2,6 | 0,3 | 2,8 |

Megjegyzés: adatok a K kezelések átlagai

Table 3. Effect of NxP supply-levels on the yield of selected fodder quality values on 23rd, May 2001. N-levels, N kg/ha/yr (1), P-supply Levels, Ammonium-Lactate Soluble P₂O₅ mg/kg soil (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), N-free Extract, t/ha (5), Crude-fibre, t/ha (6), Crude-protein, t/ha (7), Crude-fibre/Crude-protein Ratio (8). Note: data given as means of K-treatments.

A nyershamu mennyisége 246-665 kg/ha tartományban változott, a kontrollon kapott érték 2,5-szeresére nőtt a 100 kg/ha/év N-nel, valamint a P-ral is kielégítően ellátott talajon. A nyerszsír mennyisége hasonló módon emelkedett a trágyázatlanhoz képest 73-196 kg/ha intervallumban, maximumát az extrémebb NP-túlsúlyos kezelésekben adva. A széna nettóenergia készletét szintén az NP-túlsúly növelte a kontrollhoz viszonyítva 2,5-2,6-sorosára. A tejtermelő nettóenergia (NEI) és az életfenntartó nettóenergia (NEm) 15 GJ értékről 40 GJ érték fölé, míg a súlygyarapodási nettóenergia (NEg) 8-ról 22 GJ-ra nőtt (4. táblázat).

Az anyaszéna neutrális detergens rost (NDF) hozama 1,9-4,6 t/ha mennyiséget tett ki a kezelések között, maximumát a 100 kg/ha/év N adagnál elérve. Szignifikáns többleteket a 150 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottság felett már nem jelzett. A savdetergens rost (ADF) hozama 1,0-2,6 t/ha tartományban mozgott. A kontroll

hozama tehát 2,5-szeresére nőtt a mérsékelt NP-trágyázással. A két rostfrakció hozam-optimuma gyakorlatilag megegyezett a talaj NP-kínálatát tekintve (5. táblázat).

4. táblázat NxP ellátottság hatása a gyepszéna takarmányérték hozamára, 2001.05.23.

| N-szintek (1) | P-ellátottsági szintek, AL-P ₂ O ₅ mg/kg (2) | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|--|--|-----|-----|-----|-------------------|-------|
| N kg/ha/év | 66 | 153 | 333 | 542 | (3) | (4) |
| Nyershamu, kg/ha (5) | | | | | | |
| 0 | 246 | 377 | 393 | 306 | | 330 |
| 100 | 302 | 610 | 632 | 665 | 110 | 552 |
| 200 | 306 | 635 | 625 | 630 | | 549 |
| 300 | 397 | 561 | 575 | 658 | | 545 |
| Átlag | 313 | 546 | 556 | 564 | 55 | 495 |
| Nyerszsír, kg/ha (6) | | | | | | |
| 0 | 73 | 120 | 123 | 113 | | 107 |
| 100 | 94 | 117 | 164 | 136 | 42 | 128 |
| 200 | 116 | 138 | 169 | 184 | | 152 |
| 300 | 123 | 127 | 164 | 196 | | 152 |
| Átlag (4) | 102 | 125 | 155 | 158 | 21 | 135 |
| Tejtermelő Nettó Energia (NE _l), GJ (7) | | | | | | |
| 0 | 16 | 26 | 28 | 24 | | 24 |
| 100 | 19 | 35 | 39 | 40 | 6 | 33 |
| 200 | 19 | 39 | 38 | 41 | | 34 |
| 300 | 24 | 36 | 38 | 42 | | 35 |
| Átlag (4) | 20 | 34 | 36 | 37 | 3 | 32 |
| Életfenntartó Nettó Energia (NE _m), GJ (8) | | | | | | |
| 0 | 15 | 25 | 27 | 23 | | 23 |
| 100 | 19 | 34 | 38 | 39 | 6 | 32 |
| 200 | 19 | 38 | 37 | 41 | | 34 |
| 300 | 24 | 35 | 37 | 41 | | 34 |
| Átlag (4) | 19 | 33 | 35 | 36 | 3 | 31 |
| Súlygyarapodási Nettó Energia (NE _g), GJ (9) | | | | | | |
| 0 | 8 | 13 | 14 | 12 | | 11 |
| 100 | 10 | 17 | 19 | 20 | 4 | 16 |
| 200 | 10 | 20 | 20 | 22 | | 18 |
| 300 | 12 | 19 | 20 | 22 | | 18 |
| Átlag (4) | 10 | 17 | 18 | 19 | 2 | 16 |

Megjegyzés: adatok a K kezelések átlagai

Table 4.: Effect of NxP supply levels on the yield of selected fodder quality values on 23rd, May 2001. N-levels N kg/ha/yr (1), P-supply Levels, Ammonium-Lactate Soluble P₂O₅ mg/kg soil (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Crude-ash, kg/ha (5), Crude-fat, kg/ha (6), Milk Production Net Energy, GJ (7), Life Maintenance Net Energy, GJ (8), Live Weight Gain Net Energy, GJ (9). Note: data given as means of K-treatments.

5. táblázat NxP ellátottság hatása a gyepszéna takarmányérték hozamára, 2001.05.23.

| N-szintek(1) N kg/ha/év | P-ellátottsági szintek, AL-P ₂ O ₅ mg/kg (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---|--|-----|-----|-----|--------------------------|--------------|
| | 66 | 153 | 333 | 542 | | |
| Neutrális Detergens Rost (NDF), t/ha (5) | | | | | | |
| 0 | 1,9 | 3,2 | 3,4 | 2,9 | | 2,9 |
| 100 | 2,2 | 4,3 | 4,6 | 4,8 | 0,8 | 4,0 |
| 200 | 2,2 | 4,5 | 4,3 | 4,6 | | 3,9 |
| 300 | 2,8 | 4,0 | 4,3 | 4,6 | | 3,9 |
| Átlag (4) | 2,3 | 4,0 | 4,2 | 4,2 | 0,4 | 3,7 |
| Savdetergens Rost (ADF), t/ha (6) | | | | | | |
| 0 | 1,0 | 1,8 | 1,8 | 1,6 | | 1,6 |
| 100 | 1,2 | 2,3 | 2,5 | 2,6 | 0,5 | 2,2 |
| 200 | 1,2 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | | 2,1 |
| 300 | 1,1 | 2,1 | 2,4 | 2,6 | | 2,0 |
| Átlag (4) | 1,1 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 0,2 | 2,0 |
| Energiafüggő Metabolizálható Fehérje (MFE), kg/ha (7) | | | | | | |
| 0 | 265 | 394 | 429 | 380 | | 367 |
| 100 | 358 | 655 | 733 | 769 | 107 | 629 |
| 200 | 356 | 788 | 745 | 796 | | 671 |
| 300 | 471 | 720 | 779 | 897 | | 717 |
| Átlag (4) | 362 | 640 | 671 | 711 | 54 | 596 |
| N-függő Metabolizálható Fehérje (MFN), kg/ha (8) | | | | | | |
| 0 | 192 | 217 | 255 | 240 | | 226 |
| 100 | 315 | 577 | 647 | 687 | 106 | 556 |
| 200 | 322 | 744 | 679 | 763 | | 627 |
| 300 | 454 | 715 | 771 | 956 | | 724 |
| Átlag (4) | 321 | 563 | 588 | 661 | 53 | 533 |

Megjegyzés: adatok a K kezelések átlagai

Table 5.: Effect of NxP supply levels on the yield of selected fodder quality values on 23rd, May 2001. N-levels, N kg/ha/yr (1), P-supply Levels, Ammonium-Lactate Soluble P₂O₅ mg/kg soil (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Neutral Detergent Fibre, t/ha (5), Acid Detergent Fibre, t/ha (6), Energy-dependent Metabolic Protein, kg/ha (7), N-dependent Metabolic Protein, kg/ha (8). Note: data given as means of K-treatments.

A metabolizálható fehérje N-függő (MFN) értéke a kontrollon kapott 192 kg/ha-ról 956 kg/ha-ra emelkedett, tehát megötszöröződött. A kiugró növekedés abból adódik, hogy a pozitív NxP kölcsönhatások egyaránt és pregnánsan megnyilvánultak mind a szénatermést, mind a fehérjeösszetételt tekintve. A hozam pedig a termés és az összetétel szorzata. Maximális MFN hozamok az együttes és maximális NP-kínálat nyomán alakultak ki. Hasonló képet nyújt az energiafüggő metabolizálható fehérje (MFE) frakció hozama is, bár a növekedés kevésbé látványos. A kontrollon mért 265 kg/ha 897 kg/ha-ra nő, azaz a MFE frakció hozama közel négyszereződik (5. táblázat).

A 2001. október 9-én betakarított sarjűszéna termése erősen visszaesett a N-kontroll parcellákon. Maximális szénaterméseket a 300 kg/ha/év N-adagnál kaptunk, a N-kontroll 1,0 t/ha szénatermése 4,0 t/ha-ra nőtt. A P és K ellátottsági

szintek a termést nem befolyásolták. A sarjúszéna takarmányérték mutatóiban is mérséklődtek a trágyázás okozta változások, melyek eredményeit a 6. táblázat közli.

6. táblázat NPK műtrágyázás és a légszáraz gyepszéna takarmányértéke 2001.10.09.

| Mért (1) jellemzők | Mérték- egység (2) | NPK ellátottsági szintek (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----|-----|-----|--------------------------|--------------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | | |
| N hatására (PK átlagai) (18) | | | | | | | |
| NDF (6) | g/kg | 611 | 615 | 602 | 623 | 22 | 613 |
| Nmka (7) | g/kg | 469 | 457 | 423 | 422 | 10 | 443 |
| ADF (8) | g/kg | 320 | 317 | 312 | 307 | 11 | 314 |
| Nyersrost (9) | g/kg | 286 | 274 | 277 | 273 | 7 | 278 |
| Nyersfehérje(10) | g/kg | 103 | 126 | 156 | 163 | 4 | 137 |
| MFE (11) | g/kg | 81 | 90 | 102 | 103 | 3 | 94 |
| MFN (12) | g/kg | 66 | 84 | 102 | 107 | 4 | 90 |
| Nyershamu (13) | g/kg | 117 | 119 | 119 | 120 | 5 | 119 |
| Nyerszsír (14) | g/kg | 24 | 25 | 24 | 22 | 4 | 24 |
| NE ₁ (15) | MJ/kg | 4,5 | 4,6 | 4,8 | 4,8 | 0,1 | 4,6 |
| NE _m (16) | MJ/kg | 4,1 | 4,2 | 4,6 | 4,6 | 0,1 | 4,4 |
| NE _g (17) | MJ/kg | 1,8 | 1,9 | 2,2 | 2,2 | 0,1 | 2,0 |
| P hatására (NK átlagai) (19) | | | | | | | |
| Nyersfehérje(10) | g/kg | 144 | 136 | 134 | 134 | 4 | 137 |
| MFE (11) | g/kg | 97 | 95 | 92 | 92 | 3 | 94 |
| MFN (12) | g/kg | 93 | 89 | 88 | 87 | 4 | 90 |
| Nyershamu (13) | g/kg | 113 | 120 | 123 | 120 | 5 | 119 |
| K hatására (NP átlagai) (20) | | | | | | | |
| Nyershamu (13) | g/kg | 115 | 117 | 121 | 122 | 5 | 119 |

Table 6.: Effect of N, P and K fertilization on selected constituents of dry hay herbage on 9th, October 2001. Measured Characteristics (1), Measuring Units in D.M. (2), NPK Supply Levels (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Neutral Detergent Fibre (6), N-free Extract (7), Acid Detergent Fibre (8), Crude-fibre (9), Crude-protein (10), Energy-dependent Metabolic Protein (11), N-dependent Metabolic Protein (12), Crude-ash (13), Crude-fat (14), Milk Production Net Energy (15), Life Maintenance Net Energy (16), Live Weight Gain Net Energy (17), N-responses as means of PK treatments (18), P-responses as means of NK treatments (19), K-responses as a mean of NP treatments (20).

A bemutatott adatokból kitűnik, hogy a N-ellátás nem módosítja érdemben az NDF és ADF rostfrakciók, a nyersrost, a nyersshozam és a nyerszsír tartalmát. A N-mentes kivonható anyag az anyaszénában megfigyeltékhez hasonlóan mérséklődött, míg a nyersfehérje készlete közel 60%-kal, látványosan emelkedett. Igazolhatóan javult a széna nettóenergia készlete is, mely az NE_g súlygyarapodási formánál a 20%-ot is meghaladja. A P-trágyázás némileg csökkentette a nyersfehérje, MFE és MFN mutatókat. A nyershamu mennyisége mind a P, mind a K kínálatával nőtt (6. táblázat). A 2. kaszálással, valamint a 2001-ben nyert 1.+2. kaszálással együtt kapott takarmányérték hozamait a 7. táblázat mutatja be.

7. táblázat N-ellátottság hatása a gyepszéna takarmányérték hozamára 2001-ben

| Vizsgált (1) jellemzők | Mérték- egység (2) | N trágyázás, N kg/ha/év (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----|------|------|--------------------------|--------------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| 2. kaszálás (18) | | | | | | | |
| NDF (6) | t/ha | 0,6 | 1,4 | 2,2 | 2,4 | 0,2 | 1,7 |
| ADF (7) | t/ha | 0,3 | 0,7 | 1,1 | 1,2 | 0,1 | 0,8 |
| Nmka (8) | t/ha | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 1,6 | 0,1 | 1,2 |
| Nyersrost (9) | t/ha | 0,3 | 0,6 | 1,0 | 1,1 | 0,1 | 0,7 |
| Nyersfehérje(10) | t/ha | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,1 | 0,4 |
| MFE (11) | kg/ha | 82 | 208 | 364 | 401 | 22 | 264 |
| MFN (12) | kg/ha | 67 | 195 | 363 | 414 | 23 | 260 |
| Nyershamu (13) | kg/ha | 118 | 272 | 430 | 464 | 28 | 321 |
| Nyerszsír (14) | kg/ha | 24 | 57 | 87 | 86 | 13 | 64 |
| NE ₁ (15) | GJ | 5 | 10 | 17 | 19 | 1 | 13 |
| NE _m (16) | GJ | 4 | 10 | 16 | 18 | 1 | 12 |
| NE _g (17) | GJ | 2 | 4 | 8 | 9 | 1 | 6 |
| 1. + 2. kaszálás együtt (19) | | | | | | | |
| NDF (6) | t/ha | 3,5 | 5,4 | 6,1 | 6,4 | 0,4 | 5,3 |
| ADF (12) | t/ha | 1,9 | 2,9 | 3,3 | 3,2 | 0,3 | 2,8 |
| Nmka (8) | t/ha | 3,0 | 4,1 | 4,4 | 4,5 | 0,3 | 4,0 |
| Nyersrost (9) | t/ha | 1,8 | 2,8 | 3,1 | 3,2 | 0,2 | 2,7 |
| Nyersfehérje(10) | t/ha | 0,5 | 1,1 | 1,5 | 1,7 | 0,1 | 1,2 |
| MFE (11) | kg/ha | 450 | 836 | 1036 | 1118 | 61 | 860 |
| MFN (12) | kg/ha | 293 | 751 | 990 | 1138 | 62 | 793 |
| Nyershamu (13) | kg/ha | 449 | 824 | 979 | 1011 | 66 | 816 |
| Nyerszsír (14) | kg/ha | 131 | 185 | 239 | 239 | 27 | 198 |
| NE ₁ (15) | GJ | 28 | 44 | 51 | 53 | 3 | 44 |
| NE _m (16) | GJ | 27 | 42 | 50 | 52 | 3 | 43 |
| NE _g (17) | GJ | 13 | 21 | 26 | 27 | 2 | 22 |

Megjegyzés: adatok a PK kezelések átlagai

Table 7.: Effect of N-supply levels on the yield of the fodder nutrition values in 2001. Measured Characteristics (1), Measuring Units (2), N-supply Levels , N kg/ha/yr (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Neutral Detergent Fibre (6), Acid Detergent Fibre (7), N-free Extracts (8), Crude-fibre (9), Crude-protein (10), Energy-dependent Metabolic Protein (11), N-dependent Metabolic Protein (12), Crude-ash (13), Crude-fat (14), Milk production Net Energy (15), Life Maintenance Net Energy (16), Live Weight Gain Net Energy (17), 2nd cut (18), 1st + 2nd cuts (19). Note: data given as means of PK-treatments

Megállapítható, hogy a sarjúszéna takarmányérték hozamai alacsony értékekről indulnak és a meghatározó N-ellátottság függvényében 3-6-szoros növekedést jeleznek. Maximális hozamok általában a 300 kg/ha/év N-adagnál adódnak. Amennyiben a két kaszálás összegeit tekintjük látható, hogy a 200 kg/ha/év N-adag bizonyult optimálisnak, hiszen az e feletti N-kínálat már nem eredményezett statisztikailag igazolható, vagy gazdaságossági szempontból indokolható többleteket. A PK-kezelések átlagaiban bemutatott N-hatások meggyőzőek, a kontrollhoz képest a két kaszálás összesített hozamai 50-350%-os többleteket mutattak.

Valójában sokkal extrémebb különbségek léptek fel az egyes kezeléskombinációk között. A 8. táblázatban tanulmányozható az abszolút kontroll ($N_0P_0K_0$), az egyoldalú N-trágyázás ($N_1P_0K_0$), a kiegyensúlyozott mérsékelt NPK műtrágyázás ($N_1P_1K_1$), a kiegyensúlyozott bőséges NPK műtrágyázás ($N_2P_2K_2$) és a termesztett növényekre általában már káros ($N_3P_3K_3$) NPK-túlsúly hatása. Mivel itt egyedi kezeléseket hasonlítunk össze, csak a 2 valódi ismétléssel dolgozhatunk, a belső ismétlések nélkül. Az $SzD_{5\%}$ szignifikancia értékek így 4-szeresei a főátlagra megadottnak. A trendek ennek ellenére meggyőzőek.

8. táblázat NPK ellátottsági szintek hatása a gyepszéna takarmányérték hozamára 2001-ben

2001-ben

| Vizsgált jellemzők (1) | Mértékegység (2) | NPK ellátottsági szintek, ill. kombinációik (3) | | | | | SzD _{5%} (4) |
|------------------------------|------------------|---|--|--|--|--|-----------------------|
| | | N ₀ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₁ K ₁ | N ₂ P ₂ K ₂ | N ₃ P ₃ K ₃ | |
| 1. kaszálás (17) | | | | | | | |
| NDF (5) | t/ha | 1,0 | 1,9 | 4,6 | 4,7 | 4,9 | 1,5 |
| ADF (6) | t/ha | 0,6 | 1,1 | 2,5 | 2,6 | 2,9 | 0,9 |
| Nmka (7) | t/ha | 0,9 | 1,6 | 3,5 | 3,2 | 3,1 | 1,2 |
| Nyersrost (8) | t/ha | 0,5 | 1,0 | 2,5 | 2,6 | 2,8 | 0,8 |
| Nyersfehérje(9) | t/ha | 0,2 | 0,5 | 0,9 | 1,2 | 1,8 | 0,3 |
| MFE (10) | t/ha | 0,1 | 0,3 | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 0,2 |
| MFN (11) | t/ha | 0,1 | 0,3 | 0,6 | 0,6 | 1,2 | 0,2 |
| Nyershamu(12) | t/ha | 0,2 | 0,2 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,2 |
| Nyerszsír (13) | kg/ha | 39 | 97 | 156 | 152 | 282 | 84 |
| NE ₁ (14) | GJ | 8 | 18 | 37 | 40 | 45 | 11 |
| NE _m (15) | GJ | 8 | 18 | 35 | 40 | 44 | 11 |
| NE _g (16) | GJ | 4 | 10 | 17 | 21 | 24 | 6 |
| 1. + 2. kaszálás együtt (18) | | | | | | | |
| NDF (5) | t/ha | 1,8 | 3,8 | 5,8 | 6,9 | 7,5 | 1,7 |
| ADF (6) | t/ha | 1,0 | 1,9 | 3,1 | 3,8 | 4,1 | 1,0 |
| Nmka (7) | t/ha | 1,5 | 2,8 | 4,5 | 4,8 | 4,8 | 1,3 |
| Nyersrost (8) | t/ha | 0,9 | 1,7 | 3,1 | 3,6 | 3,9 | 0,9 |
| Nyersfehérje(9) | t/ha | 0,3 | 0,9 | 1,2 | 1,8 | 2,5 | 0,4 |
| MFE (10) | t/ha | 0,2 | 0,6 | 0,9 | 1,2 | 1,5 | 0,3 |
| MFN (11) | t/ha | 0,2 | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,6 | 0,3 |
| Nyershamu(12) | t/ha | 0,3 | 0,5 | 0,9 | 1,2 | 1,4 | 0,3 |
| Nyerszsír (13) | kg/ha | 75 | 155 | 200 | 230 | 375 | 108 |
| NE ₁ (14) | GJ | 14 | 31 | 47 | 58 | 65 | 13 |
| NE _m (15) | GJ | 13 | 30 | 44 | 56 | 63 | 12 |
| NE _g (16) | GJ | 6 | 16 | 22 | 29 | 33 | 6 |

Table 8.: Effect of NPK-supply levels on the yield of fodder nutritional values in 2001. Measured Characteristics (1), Measuring Units (2), NPK Supply Levels or Combinations (3), $LSD_{5\%}$ (4), Neutral Detergent Fibre (5), Acid Detergent Fibre (6), N-free Extracts (7), Crude-fibre (8), Crude-protein (9), Energy-dependent Metabolic Protein (10), N-dependent Metabolic Protein (11), Crude-ash (12), Crude-fat (13), Milk production Net Energy (14), Life Maintenance Net Energy (15), Live Weight Gain Net Energy (16), 1st cut (17), 1st + 2nd cuts (18).

A táblázat adataiból megállapíthatjuk, hogy a 28 éves semminemű trágyázásban nem részesült abszolút kontroll takarmányérték hozama elenyészően kicsi. Első minimumban a gyepterület számára a N található. Az egyoldalú 100 kg/ha/év N-adagolással a vizsgált takarmányérték hozamai gyakran 2-3-szorosára is növelhetők. További ugrásszerű növekedést eredményez a 100 kg/ha/év N-adagolás mérsékelt jó közepes PK-ellátottsággal párosulva. A kiegyensúlyozott mérsékelt $N_1P_1K_1$ kezelésben 153 mg/kg AL- P_2O_5 ill. 193 mg/kg AL- K_2O ellátottságot mutatott a talaj szántott rétege.

Az $N_1P_1K_1$ kezelésben elért *NDF* és *ADF* rostfrakciók, nyersrost, N-mentes kivonható agyag és nyershamu hozamok tekintetében az első kaszálásnál elértük a kívánatos célt, hiszen az e feletti NPK trágyázás már nem adott bizonyíthatóan több hozamot. Mindez többé-kevésbé igaznak látszik a nettóenergia mutatókra is. A N-nel összefüggő nyersfehérje ill. fehérjefrakciók (*MFE*, *MFN*) és a nyerszsír esetében kapott maximális hozamok viszont az $N_3P_3K_3$ kezeléshez kötődtek. Az 1.+2. kaszálás hozamait együtt szemlélve a maximumok még inkább az $N_2P_2K_2$, ill. $N_3P_3K_3$ megnövelt ellátottsághoz közelednek. Általánosságban konstatació, hogy a nyersrost, rostfrakciók, Nmka, nyershamu, nyerszsír, nettóenergia mutatói 3-5-szörös, míg a N-nel összefüggő mutatók (nyersfehérje, *MFE*, *MFN*) akár 7-8-szoros növekedést is adhatnak a bőséges tápanyagellátás eredményeképpen (8. táblázat).

Összefoglalás

- Míg az 1. kaszálást adó anyaszéna hozamát az N_xP pozitív kölcsönhatások határozták meg, a takarmányérték jellemzőit tekintve az N_xK kölcsönhatások voltak a mérvadók. Az Nmka 532-ről 390 g/kg-ra csökkent az NK túlsúlya nyomán, ugyanitt a nyersfehérje tartalma 64-ről 183 g/kg értékre emelkedett. Az Nmka/nyersfehérje aránya a kontroll talajon mért 8,3-ről 2,1-re szűkült. A nyershamu tartalma 26%-kal, a *MFN* 286%-kal nőtt meg a kontrollhoz képest az NK-trágyázással.

- A gazdaságilag optimálisnak tekinthető takarmányérték hozamokat már a 100 kg/ha/év N-adag biztosította a 150 mg/kg AL- P_2O_5 „közepes” ellátottság mellett a nyersrost, rostfrakciók (*NDF*, *ADF*), Nmka, nyershamu, *NEI*, *NEm*, *NEg* mutatók esetében az 1. kaszálásnál. A nyerszsír és az *MFE* hozamok optimumai a 200 kg/ha/év N-adag és a 333 mg/kg AL- P_2O_5 ellátottsághoz kötődtek. A nyersfehérje és a N-függő Metabolizálható Fehérje (*MFN*) optimumait ugyanakkor a maximális NP-kínálat biztosította, a kontrollhoz képest a hozamok megötszöröződtek.

- A 2. kaszálású sarjűszéna termését és takarmányértékét a N-trágyázás növelte, a P és K hatásai elmaradtak. Maximális szénatermést és takarmányhozamokat általában a 300 kg/ha/év N-adag biztosította. Az 1. + 2. kaszálás összegeit tekintve általában 200 kg/ha/év N-adag bizonyult optimálisnak. Extrémebb különbségek léptek fel az egyes kezeléskombinációk között. Az abszolút kontroll ($N_0P_0K_0$) kicsi hozamokat adott. Ehhez képest az egyoldalú mérsékelt N-trágyázás ($N_1P_0K_0$) 2-3-szoros többletet, míg a kiegyensúlyozott mérsékelt ($N_1P_1K_1$) kezelés további ugrásszerű növekedést jelentett a takarmányérték hozamaiban. A N-függő nyersfehérje, ill. fehérjefrakciók (*MFE*, *MFN*), valamint a nyerszsír esetében a maximális hozamok a maximális ($N_3P_3K_3$) műtrágya-kínálathoz kötődtek.

- Összefoglalóan elmondható, hogy a bőséges vagy kielégítő trágyázással hasonló kedvező évben és tápanyagszegény talajon a nyersrost és a rostfrakciók (*NDF*, *ADF*), valamint a Nmka, nyershamu, nyerszsír és a nettóenergia mutatói (*NE*) 3-5-szörösére, a N-függő nyersfehérje és fehérjefrakciók (*MFE*, *MFN*) hozamai akár 7-8-szorosára növelhetők.

I. Kádár and Z. Gvőri (2004): Effect of fertilisation on the nutritional values and nutrient yield of an established all-grass sward in 2001 (Summary)

- While the grass herbage yield was determined by the NxP supply levels, the nutritional values were influenced by the NxK interactions. As a function of NxK treatments, the N-free extract decreased from 532 g/kg (control) to 390 g/kg (N3K3), Crude-protein increased on the same plots from 64 g/kg to 183 g/kg, so the ratio of N-free extract/Crude-protein tightened from 8.3 to 2.1. Compared to the unfertilized control, the Crude-ash enhanced with 26%, while the N-dependent Metabolic Protein (*MFN*) with 286% on the N₃K₃ levels.

- The maximum nutrient yields were measured at the first cut on the 100 kg/ha/yr N-treatment with 150 mg/kg ammoniumlactate soluble P-supply soils for Crude-fibre, Neutral and Acid Detergent Fibres (*NDF*, *ADF*) N-free extract, Crude-ash and Nettoenergy (*NE*) parameters. The Crude-fat and the Energy Dependent Protein (*MFE*) yields gave maximum surpluses using 200 kg/ha/yr N-rate with high level of 333 mg/kg AL-P₂O₅ supply in plow-layer. Highest crude-protein and the N-dependent Metabolic Protein (*MFN*) yields were connected, however, to the highest N3P3 levels, where the yield increased 5-times compared to the control.

- At the 2nd cut, both the nutritional values and the nutrient yields changed only as a function of N-supply. Maximum nutrient yields were obtained generally at the 300 kg/ha/yr treatment. Assessing the 1st and 2nd cuts together, the 200 kg/ha/yr treatment seemed to be the best fertilization practice. Among the different NPK treatments developed extreme differences. The unfertilized for 28 years plots (N₀P₀K₀) gave small nutrient yields. The moderate N-fertilization alone (N₁P₀K₀) enhanced the yields 2-3 times. The moderate balanced fertilization (N₁P₁K₁) gave further dramatic surpluses. The N-dependent Crude-protein and the protein fractions (*MFE*, *MFN*) as well as the Crude-fat yielded maxima values at the highest (N₃P₃K₃) treatment.

- Summarizing above, we can state that the satisfactory or abundant fertilization on such soil poor in NPK and in a favourable year can increase the Crude-fibre, the fiber fractions (*NDF*, *ADF*), N-free extract, Crude-ash, Crude-fat and Nettoenergy (*NE*) yields 3-5 times, while the N-dependent Crude-protein and protein-fractions (*MFE*, *MFN*) even 7-8-times.

1.3. Az ásványi elemtartalom és diagnosztikai optimum

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Ami a gypszéna optimális elemtartalmát illeti, takarmányozási szempontból *Horváth és Prohászka (1976, 1979)* 2,0-3,0 % N; 0,26-0,34 % P; 1,5-2,0 % K; 0,6-0,8 % Ca; 0,18-0,20 % Mg és 0,12-0,16 % Na készletet ad meg. Véleményük szerint az optimális Ca/P arány 2-3:1, mert itt volt a legnagyobb a termékenyült tehenek száma az első inszeminálásra. Ami a mikroelem-koncentrációkat illeti 100-160 Fe, 60-100 Mn, 30-40 Zn, 8-10 Cu, 6-8 B és 0,5-1,5 Mo mg/kg sz.a. tartalmat tartottak megfelelőnek az említett szerzők. Alatta gyengének, felette túlzottnak minősítve az ellátottságot.

A Moszkvában kiadott trágyázási kézikönyv hangsúlyozza, hogy trágyázással nem csupán a növényi optimumok elérése a célunk, hanem a nagyobb állati szükségletek kielégítése. Ezért egyes elemekben a luxusfelvétel kívánatos. A füvek elemösszetétele a termesztési/hasznosítási körülmények függvényében az alábbiak szerint változhat: 0,8-3,0 % N; 0,2-0,4 % P; 1,0-3,5 % K; 0,3-0,7 % Ca; 0,08-0,30 % Mg. Az 1 t szénában 15-20 kg N és K₂O, valamint 4-6 kg P₂O₅ van átlagosan, de intenzíven műtrágyázott állományban 35-40 kg N és K₂O, ill. 8-10 kg P₂O₅ tartalom is lehet, a fajlagos összetétel tehát tág határok között ingadozhat (*Romasev 1960*).

Bergmann (1992) Németországban, nemzetközi adatokat is áttekintve a rét és legelő füvek megfelelő elemösszetételére az alábbiakat közli: 2,6-4,0 % N; 0,35-0,60 % P; 2,0-3,0 % K; 0,6-1,2 % Ca; 0,2-0,6 % Mg, 35-100 mg Mn, 20-50 mg Zn, 6-12 mg B, 5-12 mg Cu és 0,15-0,50 mg Mo 1 kg szárazanyagban. A szerző által közölt koncentrációk az intenzíven műtrágyázott nyugat-európai gyepgazdálkodás viszonyait tükrözik, jelentősen meghaladva a korábbi orosz (*Romasev 1960*) és magyar (*Horváth és Prohászka 1976, 1979*) ajánlásait.

Finck (1982) hangsúlyozza, hogy a takarmányozási szempontból optimális összetétel, mely az állatok teljesítményét meghatározza, ma már alapvetően ismert. A növényi optimum és az állatok optimális ásványi elem igénye közeli vagy azonos lehet a P, S, Ca, Mg elemeknél. A K, B, Mo a növényben felhalmozódhat, ezért nem szabad az optimum fölé trágyázni, mert az állat számára káros lehet. A növények Na, Cl (füveknél a Ca, Mg), Mn, Zn és Cu készlete viszont általában nem elégíti ki az állatok igényét. Tejelő tehenek számára megfelelő pl.: 0,3-0,4 % P; 0,5-0,7 % Ca; 0,1-0,2 % Mg; 0,1-0,2 % Na, ill. 50-60 mg Fe és Mn, 30-50 mg Zn, 8-10 mg Cu és 0,1 mg/kg sz.a. körüli Mo, Co, Se összetételű takarmány.

Kérődzők takarmánya főként a gypszéna. A bendő-mikroorganizmusok tevékenységéhez minimálisan 1,4 % N-tartalmú, azaz mintegy 9 % nyersfehérjét tartalmazó takarmány szükséges, hogy a cellulóz emészthető legyen. Intenzív tartásnál 14-16 % nyersfehérjével, tehát 2,0-2,5 % N-tartalommal számolnak (*Whitehead 1970*). *Vinczeff (1998)* szerint a takarmány akkor hasznosulhat a legjobban, ha a nyersfehérje : nyersrost aránya 1:2 körüli. N-bőség vagy a gyakori kaszálásnál rosthány léphet fel luxusfehérje-fogyasztással. Mindez nemcsak gazdaságtalan, de egészségtelen is.

A takarmány minőségét, emészthetőségét döntően befolyásolja a kaszálás ideje. *Tasi és Barcsák (2001)* részletes vizsgálatai szerint az öregedéssel nőtt az állomány magassága, nyersrost és oldható cukor (május végéig) készlete, valamint csökkent az emészthetősége, nyersfehérje, víz és cseresav %-a. Más szerzők is hangsúlyozzák (*Cooke 1965, Prjanisnyikov 1965, Haraszi 1973, Vinczeff 1998, Lazányi et al. 2008*), hogy az első növedékben igen intenzívek a változások, mert kedvező a csapadék és a hőmérséklet viszonya, gyors a növekedés. *Bánszky (1988, 1997)* műtrágyázási tartamkísérleteiben bemutatta az ásványi, valamint a botanikai összetétel változásait és megemlíti, hogy az állomány magasságával arányosan nőhet a termés tömege. Nagy trágyahatásokra általában az első növedéknél számíthatunk.

A gyepek mikroelem-trágyázása terén kevés tapasztalattal rendelkezünk. *Tölgyesi és Haraszi (1967)* egy sor mikroelemet alkalmazott rétláp legelőn. A termés tömege nem változott, csak a Mo nőtt meg Mo-trágyázás, ill. a Na a bórax trágyázás nyomán. *Tölgyesi (1965)* a keszthelyi lápon termett szálastakarmányok Cu és Mo készletét vizsgálva megállapította, hogy egyidejűleg áll fenn a Cu hiánya és a Mo többlete. A Cu/Mo hányados 3,7 körüli a hazai pázsitfűvekben, míg a lápon 0,7 átlagosan. A szervesanyagban gazdag talajok Mo-ban is gazdagok, míg a rezet megköti. Pillangósokban a Cu/Mo aránya 0,1-0,2 értékre szűkül, mert a Mo 30-120 mg/kg sz.a. tartalmat, az erősen toxikus szintet is elérheti láptalajon.

A szerző szerint ezek az anomáliák a legelő állatban is nyomon követhetők, a szarvasmarhák homlokkoszorú szőrének Cu/Mo hányadosa a lápon 10-20 közötti, míg egyébként 30-90 tartományban van. „A szőr ásványi összetételében ugyanis nagyobb időszakok takarmányozása vetődik ki hordozható takarmányozási naplóként, amely a helyzetet sokszor hűbben tükrözi, mint a takarmányozási nyilvántartás.” Hasonló talajon javasolható a Cu-trágyázás, kerülni kell a meszező anyagok használatát, amelyek növelhetik a Mo felvehetőségét és a pillangósok túlsúlyát (*Tölgyesi 1965, 1969*).

Győri és Alapi (2003) a Felső-Tisza ártéri legelőinek ásványianyag tartalmát elemezve arra hívják fel a figyelmet, hogy az ismert pázsitfűvek és pillangósok növénycsoporton, gypalkotó fajokon túl fontosak lehetnek az egyéb, hagyományosan gyomféléknek minősülő növényfajok a legelőkön. Legtöbb vizsgált tápelem tekintetében ugyanis az „egyéb növények” minősültek a leginkább értékesnek. Ez alól kivételt csupán a Mo jelentett, mely 1,0-1,2 mg/kg körüli maximális koncentrációját a pillangósokban mutatta. A pázsitfűvek bizonyultak a legszegényebbeknek Ca, Fe, Zn, Cu és Mo tartalmukat tekintve.

Schmidt (1993) az ásványi elemek szerepét taglalva és a hazai ellátottságot is értékelve arra utal, hogy az optimális Ca:P arány állatfajtól, termeléstől stb. függően eltérhet. A Na és Cl só pótlása pusztán növényi takarmányokkal nem oldható meg. A Na-ürítés 2-3-szorosa a Cl-énak, a 0,15-0,20% Na-tartalom fedezheti az állat igényét. Mg hiánya nálunk általában nem fordul elő. Kifejlett állatok Fe szükségletét a táplálék fedezi. A tej Fe-ban szegény, szopósmalacok kiegészítésre szorulnak. A Zn hiánya tájjellelleggel jelentkezik főként tejelő teheneknél, növedékborkorjánál. Mn-hiány gyakori meszes talajokon, a takarmány Ca és Fe tartalma akadályozza a felszívódását. Homoktalajon gyakori a Cu-hiány, melyet a S és Mo túlsúlya is indukálhat.

Ami az igen kis mennyiségben előforduló és ritkán mért elemeket illeti, a szerző az alábbiakra utal. A Co-hiány helyenként legelőn felléphet. A fehérizom-betegséget okozó Se hiány hegyvidéki területeken, ill. a szuperfoszfát túltrágyázás nyomán előálló és S-túlsúlyú talajon lehet gyakori a S-Se antagonizmusból eredően. Mo és Ni hiánya ritkán fordul elő, a Cr és As hiányával sem kell számolnunk. A Pb hatása inkább csak toxikológiai szempontból ismert, melyre különösen a lovak érzékenyek. A Ca bősége mérsékelheti az ólommérgezés súlyosságát (*Schmidt 1993*).

A probléma felvetése valójában korábbi időkre, a tudományos kutatások kezdeteire nyúlik vissza. Már Liebig felteszi a kérdést: „Hogyan lehetséges, hogy valaha kétségeink voltak a talaj tápláló funkcióját illetően? Pedig létezett egy kor, amikor az ásványi elemeket nem tartották szükséges alkotóknak. A tengervíz tartalmazza mindazon anyagokat, melyekre a tengeri növényeknek szükségük van és hamujukban is fellelhetők. A szárazföldön úgyszintén megfigyelhető az előbb leírt elemforgalom az egész talaj-növény-állat-ember láncban. Tápelemek talajból a növénybe, növényből az állatba és az emberbe jutnak. Az állati és emberi ürülék a növényi anyagból származik, mely korábban talajalkotóként létezett.” (*Liebig 1840-1876*).

Ha a tejelő tehenet, folytatja a szerző, Ca-ban szegény takarmányon mint pl. burgonyán és répán tartjuk, megbetegszik. A tej Ca-foszfátokat von el, melyet ilyenkor a csontjaiból pótol. A csontok elvesztik szilárdságukat és nem lesznek képesek az állat súlyát hordozni. Hasonlóképpen a madarak Ca-hiányos táplálékon tartva csonttöréseket szenvednek, héj nélküli tojásokat tojnak és végül elpusztulnak. A növényi fehérjék nitrogén, kén és foszfor készlete, ill. a takarmányok sói az állati vér és hús összetevői. Hamuelemzések eredményei szerint az állati vér és hús sói a takarmányokban kimutatott sókkal rokon összetételűek. Könyve összehasonlító táblázatokat közöl a növényi és állati szervek elemkészletéről.

A műtrágyázás drasztikus beavatkozást jelent a talajba és a rajta termő növénybe. A szakszerűtlen műtrágyahasználat idővel katasztrofális következményekkel járhat. Különösen a gyepgazdálkodásban, ahogy erre már franciaországi példákön *Voisin (1961, 1964, 1965)* rámutatott. A műtrágyázás általános gyakorlattá vált helyenként az intenzív gyepgazdálkodásban nálunk is, ezért a figyelmeztetést komolyan kell venni. Folyamatosan elemezni kell a műtrágyázás sokoldalú befolyását a környezetre és különösen a hosszú távú kumulatív hatások, ill. a ritkán előforduló jelenségek feltárására alkalmas tartamkísérletek adataira kell támaszkodni.

Műtrágyák megváltoztathatják egy sor elem felvételét az antagonizmusok és szinergizmusok nyomán. Egy elem túlsúlya egyidejűleg hiányt is jelent más elem tekintetében. Érvényesül itt is a természet alapszabálya: a túl kevés és a túl sok egyaránt káros. Az optimális összetétel biztosítja a megfelelő minőséget, amely fenntartja a normális anyagcserét növényben, állatban és emberben. Kutatásaink célja tehát az arányosság, az optimumok megismerése, számszerűsítése és helyreállítása. Ma már pl. köztudott, hogy a 10:1 körüli N:S arány kívánatos a takarmányban 2-3 % N és 0,2-0,3 % S összetétellel ahhoz, hogy a bendőben mikrobiális úton fehérje képződjön.

Ismert, hogy kora tavaszon a buja növekedés sok N-nel, nitráttal és K-mal párosulva alacsony szárazanyag-tartalom mellett anyagcsere-zavarokat okozhat. Bendőben a nitrát nitráttá, majd ammóniává alakul. Ha azonban az oldható szénhidrát nem elégséges, a nitrát a véráramba kerülhet és mérgezést okozhat. A N és a K túlsúlya Mg-szegény talajon Mg-hiányt indukálva fűtetaniát idézhet elő. Kedvező, ha a 2-3 % K-tartalomhoz 0,2-0,3 % Mg tartozik a takarmányban, tehát fennáll a 10:1=K:Mg arány.

A továbbiakban egy műtrágyázási tartamkísérlet eredményeit ismertetjük, amely lehetővé tette az eltérő tápelem-ellátottsági szintek és azok közötti kölcsönhatások bemutatását a telepített gyepterminál, ásványi összetételére, minőségi jellemzőire. Jelen közlemény a gyepterminál ásványi elemtartalmának változásait mutatja műtrágyázás hatására.

Eredmények

Az 1. táblázat adatai szerint a vizsgált, ill. kimutatott makro- és mikroelemek koncentrációi általában igazolhatóan emelkedtek a N-kínálattal. Ez alól kivételt csupán az Al és a Mo mutatott. Érvényesült tehát a N ún. „hajtó”, egyéb elemek felvételét segítő hatása. A N serkenti a fehérjék szintézisét, a fehérjedús növények pedig ásványi elemekben is dúsulnak, gazdagok. Mindez maga után vonja a talaj fokozott igénybevételét, tápelemekben való fokozott elszegényedését is. Lássuk, mely elemek akkumulációja jelez drasztikusabb változásokat?

Amíg az össz-N koncentrációja durván kétszereződik, a $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalma a koncentrációhoz viszonyítva csaknem hatszorosára emelkedik. A fehérjékbe be nem épült $\text{NO}_3\text{-N}$ aránya a kontroll parcellán az össz-N mintegy 5%-a, míg a 300 kg/ha/év kezelésben 14%-ot tesz ki. Csökkent tehát a valódi fehérje aránya a N-túlsúly nyomán. Minőségromlást jelent ugyanitt a 0,25% $\text{NO}_3\text{-N}$ megengedett (takarmányokra előírt) határkoncentrációjának túllépése is. Közel ötszörösére ugrik a Na-tartalom és megkétszereződik a szén Cu tartalma. Látható tehát, hogy amikor N-nel trágyázunk, a szén ásványi összetevőinek szinte minden eleme változást szenved. Drasztikusan eltolódhatnak az egyes elemek egymáshoz viszonyított arányai és optimumai is.

Finck (1982) szerint a fűvek elemkészlete általában nem elégíti ki az állatok igényét. A N-trágyázás elemfelvételt serkentő hatása e tekintetben tehát előnyösnek tekinthető. Esetünkben a pillangós nélküli gyepterminál még a N-nel igen jól ellátott kezelésben sem éri el a foszfornál 0,3-0,4%, nátriumnál 0,1-0,2%, réznél 8-10mg/kg, kobaltnál és szelénél 0,1mg/kg körüli kívánatos koncentrációtartományt. Megemlítjük, hogy az As, Hg, Cd, Pb, Se tartalma általában 0,1 mg/kg a szárazanyagban. Megemlítjük még, hogy az As, Hg, Cd, Pb, Se elemek tartalma általában 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt maradt (1. táblázat).

A talaj P-kínálatával mérséklődött 5 elem koncentrációja a szénában.: Al, Fe, Zn, Mo és Co. Az Al-ot nem tekintjük tápelemnek. A felére csökkent Fe-tartalom nem veszélyezteti a takarmány minőségét. A P-Zn ionantagonizmus eredményeképpen viszont (az amúgy is Zn-hiányos talajon) a Zn-szegény szén Zn-tartalma tovább mérséklődött. A foszfát-molibdenát anionantagonizmus tükröződik a drasztikusan süllyedő Mo készletben. Igazolható a Co tartalmában is a hígulás. Megállapítható, hogy az adott viszonyok között a szén

értékét/minőségét a rejtett Zn-hiány limitálhatja. Ismert, hogy a Zn hiánya különösen a triptofán esszenciális aminosav szintézisét gátolhatja. A P-ellátottsággal összefüggő elemkoncentráció változásait a 2. táblázat foglalja össze.

1. táblázat N-műtrágyázás és a légszáraz gypszena elemtartalma 2001.05.23.

| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | N-trágyázás, N kg/ha/év (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|--------------------|------------------|-----------------------------|------|------|------|-----------------------|-----------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K | % | 1,86 | 2,37 | 2,26 | 2,38 | 0,09 | 2,22 |
| N | % | 1,10 | 1,87 | 2,09 | 2,39 | 0,16 | 1,86 |
| Ca | % | 0,48 | 0,56 | 0,58 | 0,62 | 0,03 | 0,56 |
| S | % | 0,15 | 0,25 | 0,26 | 0,26 | 0,01 | 0,23 |
| P | % | 0,17 | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,01 | 0,21 |
| Mg | % | 0,12 | 0,17 | 0,18 | 0,18 | 0,01 | 0,16 |
| NO ₃ -N | % | 0,06 | 0,10 | 0,22 | 0,34 | 0,03 | 0,18 |
| Na | mg/kg | 109 | 488 | 574 | 535 | 62 | 426 |
| Mn | mg/kg | 83 | 106 | 114 | 118 | 5 | 105 |
| Al | mg/kg | 102 | 93 | 80 | 78 | 23 | 88 |
| Sr | mg/kg | 13 | 16 | 16 | 17 | 1 | 15 |
| B | mg/kg | 4,4 | 5,4 | 5,3 | 5,4 | 0,4 | 5,1 |
| Cu | mg/kg | 2,1 | 3,8 | 4,4 | 4,7 | 0,3 | 3,8 |
| Ni | mg/kg | 0,90 | 1,01 | 1,10 | 1,12 | 0,16 | 1,03 |
| Mo | mg/kg | 0,21 | 0,20 | 0,18 | 0,16 | 0,02 | 0,19 |
| Co | mg/kg | 0,05 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,02 | 0,07 |

Megjegyzés: As, Hg, Cd, Pb, Se általában 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt. Adatok a PK kezelések átlagai.

Table 1. Effect of N-fertilization on the mineral element content of air-dried hay on May 23rd, 2001. Measured elements (1), Measuring units (2), N-fertilization, N kg/ha/yr (3), LSD_{5%} (4), Mean (5). Note: As, Hg, Cd, Pb, Se usually under 0.1 mg/kg detection limit. Data given as means of PK-treatments.

Ugyanakkor a P-kínálattal nő 8 ásványi elem készlete a gyep hajtásában: S, P, Mg, NO₃-N, Na, Mn, Sr, Ni. A foszfortrágyák összetételét származásuk (nyersfoszfát alapanyag), valamint előállításuk módja határozza meg. Vizsgálataink szerint a Magyarországon alkalmazott nyersfoszfátok a volt Szovjetunióból importált Kóla-foszfátok alapanyaga miatt a legveszélyesebb szennyezőben, a Cd-ban szegények voltak. Átlagos összetételük az alábbiak adódott: Cd és Ni 1,0-1,2, Co 2,1-2,6, Cr 5-6, Pb 12-14, Cu és Zn 15-24, Mn 180-200, Ba 200-270, Mg 345-452 mg/kg. Az Al, K, Na, Si 0,16-0,24%, Fe 0,33-0,35%, Sr 1,10-1,20%, P 9-11%, S 13-15%, Ca 20-25% (Kádár 1992).

A szuperfoszfát műtrágya tehát elsősorban Ca-forrás lehet. Hasonló meszes talajon természetesen ez a szerepe nem mutatható ki. Másodsorban S- és P-forrás, ami a széna összetételében tükröződik is. Az Al, Si, Fe a legfontosabb talajalkotó elemek, melyek tömegét vagy felvehetőségét a műtrágyával szennyeződésneként bevitt Al, Sr, Fe kis mennyisége gyakorlatilag nem érinti, nem befolyásolhatja. Hasonló a helyzet a mg/kg mennyiségben kimutatott mikroelemek és Mg tekintetében. A gypszena Na és Sr tartalmának emelkedése viszont összefügg az alkalmazott szuperfoszfát Na és Sr készletével (2. táblázat).

2. táblázat P-ellátottság hatása a légszáraz gypszéna elemtartalmára, 2001. 05. 23.

| Elem jele (1) | Mérték- egység (2) | AL-P ₂ O ₅ mg/kg (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|--------------------|-----------------------|--|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | | 66 | 153 | 333 | 542 | | |
| S | % | 0,17 | 0,24 | 0,26 | 0,25 | 0,01 | 0,23 |
| P | % | 0,13 | 0,20 | 0,24 | 0,25 | 0,01 | 0,21 |
| Mg | % | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 0,01 | 0,16 |
| NO ₃ -N | % | 0,14 | 0,20 | 0,19 | 0,20 | 0,03 | 0,18 |
| Na | mg/kg | 298 | 448 | 486 | 474 | 62 | 426 |
| Mn | mg/kg | 95 | 111 | 112 | 103 | 5 | 105 |
| Al | mg/kg | 147 | 65 | 73 | 67 | 23 | 88 |
| Fe | mg/kg | 204 | 119 | 119 | 107 | 38 | 137 |
| Sr | mg/kg | 11 | 14 | 17 | 19 | 1 | 15 |
| Zn | mg/kg | 11 | 9 | 9 | 9 | 1 | 10 |
| Ni | mg/kg | 0,87 | 1,03 | 1,10 | 1,13 | 0,16 | 1,03 |
| Mo | mg/kg | 0,32 | 0,16 | 0,14 | 0,12 | 0,02 | 0,19 |
| Co | mg/kg | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,02 | 0,07 |

Megjegyzés: As, Hg, Cd, Pb, Se általában 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt. Adatok az NK kezelések átlagai.

Table 2. Effect of soil P-supply on the mineral element content of air-dried hay on May 23rd, 2001. Measured elements (1), Measuring units (2), Ammoniumlactate-soluble P₂O₅, mg/kg in the plow layer (3), LSD_{5%} (4), Mean (5). Note: As, Hg, Cd, Pb, Se usually under 0.1 mg/kg detection limit. Data given as means of NK-treatments.

Tapasztalataink szerint a fotoszintetizáló zöld növényi szervek mint a levél és a hajtás 8-12 közötti N/P ill. N/S arányt jeleznek a legtöbb szántóföldi kultúrában. A „normális” P/Zn aránya 50-150 között ingadozik (Kádár 1992, Elek és Kádár 1980). A fehérjék képződéséhez a növény ilyen arányban igényelheti a N, P, S, Zn elemeket. A P-indukálta Zn-hiány méretére utal, hogy a P-kontroll talajon a P/Zn aránya 118, tehát még az optimum tartományban található, hiszen mind a P, mind a Zn alacsony ellátottságot jelez koncentrációja alapján. A P-túlsúlyos, 542 mg/kg AL-P₂O₅ tartalmú kezelésekben a P/Zn aránya 278 értékre tágul, a Zn-hiány kifejezetté válik. A 200 feletti P/Zn arány esetében Zn-igényes kultúrákban mint pl. a kukorica a Zn-trágyázás hatékony lehet, terméstöbblettel járhat.

A P-ellátottság javulásával mérsékelt, de igazolható emelkedést mutat a Mg, NO₃-N, Mn és Ni tartalma is a szénában. Ismert, hogy ha egy elem (esetünkben a P) ellátottsága limitálja más elemek felvételét és a termést, a korlátozó tényező megszűnésével más, nem antagonista elemek felvétele javulhat. Amennyiben a talaj nem szegény az adott elemekben. Amennyiben a talaj nem képes biztosítani az egyéb elemek nagyobb felvehetőségét, a termés növekedése hígulást eredményezhet és új elem(ek) kerülnek minimumba. Esetünkben a talaj Mg, NO₃-N, Mn és Ni kínálata követni tudta a javuló P-ellátottsággal előálló igényt. Nemcsak a termés nőhetett a P-trágyázással, de a termés elemkoncentrációja is (2. táblázat).

A K-trágyázás a termés tömegét érdemben nem befolyásolta, hatást gyakorolt azonban a széna elemösszetételére a 3. táblázat adatai szerint. Szinergista effektus érvényesült a KxN és KxBa kapcsolatokban, tehát nemcsak a K %-a emelkedett,

hanem a N és Ba koncentrációja is. A többi 10 elem tekintetében viszont a kationantagonizmus követhető nyomon, ezek elemek felvételét a növekvő K-kínálat mérsékelte. Csaknem felére csökkent a Mo és Ni beépülése, mintegy harmadával az Al, Fe és B készlete. A Mo koncentrációját tehát a N, P és a K túlsúlya egyaránt drasztikusan csökkentette.

A továbbiakban arra keressük a választ, hogy milyen mérvű módosulásokat idézhetnek elő a fő tápelemek közötti kölcsönhatások, melyek egyszerűbb kísérletek, ill. a hagyományos vizsgálatok során rejtve maradnak előttünk. Az élet lényege pedig a kölcsönhatás, hiszen a természetben, a talaj-növény rendszerben ezek a kölcsönös viszonyok alakítják a növényi összetételt, elemek felvételét, a takarmány minőségét és tarják fenn vagy nem tarják fenn a normális anyagcserét a talajban, növényben, állatban és emberben. A növényi fejlődés oldaláról szemlélve a táplálás minőségét az ásványi tápelemek megfelelő arányai a kiegyensúlyozott trágyázást jelenthetik.

3. táblázat. K-ellátottság és a légszáraz gyepszéna elemtartalma, 2001.05.23.

| Elem jele (1) | Mérték- egység (2) | AL-K ₂ O mg/kg (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|------------------|-----------------------|-------------------------------|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | | 135 | 193 | 279 | 390 | | |
| K | % | 1,89 | 2,18 | 2,35 | 2,45 | 0,09 | 2,22 |
| N | % | 1,76 | 1,79 | 1,86 | 2,04 | 0,16 | 1,86 |
| Ca | % | 0,62 | 0,56 | 0,54 | 0,52 | 0,03 | 0,56 |
| Mg | % | 0,19 | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,01 | 0,16 |
| Al | mg/kg | 103 | 87 | 91 | 71 | 23 | 88 |
| Fe | mg/kg | 163 | 137 | 134 | 115 | 38 | 137 |
| Sr | mg/kg | 16 | 15 | 15 | 14 | 1 | 15 |
| Ba | mg/kg | 6,3 | 6,7 | 8,3 | 9,0 | 0,6 | 7,6 |
| B | mg/kg | 6,0 | 5,1 | 4,8 | 4,6 | 0,4 | 5,1 |
| Cu | mg/kg | 4,0 | 3,6 | 3,8 | 3,6 | 0,3 | 3,8 |
| Ni | mg/kg | 1,30 | 1,01 | 1,14 | 0,68 | 0,16 | 1,03 |
| Mo | mg/kg | 0,23 | 0,21 | 0,19 | 0,12 | 0,02 | 0,19 |
| Co | mg/kg | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,02 | 0,07 |

Megjegyzés: As, Hg, Cd, Pb, Se általában 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt. Adatok az NP kezelések átlagai.

Table 3. Effect of soil K-supply on the mineral element content of air-dried hay on May 23rd, 2004. Measured elements (1), Measuring units (2), Ammoniumlactate-soluble K₂O mg/kg in the plow layer (3), LSD_{5%} (4), Mean (5). Note: As, Hg, Cd, Pb, Se usually under 0.1 mg/kg detection limit. Data given as means of NP-treatments.

A 4. táblázatban közölt eredmények szerint az NxK pozitív kölcsönhatások nyomán az 1. kaszálású széna N-tartalma 0,96-2,72% között változott. A K esetében ez a tartomány 1,71-2,79% közötti. A Ca, Mg, Ni elemeknél a N növelte, míg a K mérsékelte a beépülést. Ennek eredményeképpen a Ca koncentrációja 0,46-0,70%, a Mg 0,11-0,21%, a Ni 0,56-1,38 mg/kg tartományban módosult a szénában. Önmagában nem ítéltető meg azonban egy elem koncentrációja alapján hogy diagnosztikai szempontból az kevés, kielégítő vagy sok. Figyelembe kell venni az egyéb kísérő elemek mennyiségét, egymáshoz való viszonyát. A Ca és Mg

esetében a K-ot. A K/Ca aránya durván 7-5., a K/Mg aránya 10-18 között változott esetünkben. A K/Ni, ill N/Ni aránya 10-40 ezerszeres arányokat jelzett.

4. táblázat NxK-ellátottság és a légszáraz gyepszéna N, K, Ca, Mg, Ni tartalma, 2001. 05. 23,

| AL-K ₂ O mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|----------------------------------|-----------------------------|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| N % | | | | | | |
| 135 | 0,96 | 1,80 | 2,00 | 2,30 | 0,31 | 1,76 |
| 193 | 1,10 | 1,84 | 1,94 | 2,28 | | 1,79 |
| 279 | 1,14 | 1,90 | 2,15 | 2,26 | | 1,86 |
| 390 | 1,21 | 1,94 | 2,29 | 2,72 | | 2,04 |
| Átlag | 1,10 | 1,87 | 2,09 | 2,39 | 0,16 | 1,86 |
| K % | | | | | | |
| 135 | 1,71 | 2,03 | 1,82 | 2,02 | 0,19 | 1,89 |
| 193 | 1,81 | 2,44 | 2,31 | 2,15 | | 2,18 |
| 279 | 2,00 | 2,49 | 2,35 | 2,56 | | 2,35 |
| 390 | 1,94 | 2,52 | 2,55 | 2,79 | | 2,45 |
| Átlag | 1,86 | 2,37 | 2,26 | 2,38 | 0,09 | 2,22 |
| Ca % | | | | | | |
| 135 | 0,48 | 0,62 | 0,66 | 0,70 | 0,06 | 0,62 |
| 193 | 0,46 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | | 0,56 |
| 279 | 0,49 | 0,52 | 0,55 | 0,59 | | 0,54 |
| 390 | 0,46 | 0,52 | 0,52 | 0,59 | | 0,52 |
| Átlag | 0,48 | 0,56 | 0,58 | 0,62 | 0,03 | 0,56 |
| Mg % | | | | | | |
| 135 | 0,12 | 0,20 | 0,21 | 0,21 | 0,02 | 0,19 |
| 193 | 0,12 | 0,18 | 0,19 | 0,18 | | 0,16 |
| 279 | 0,12 | 0,16 | 0,17 | 0,17 | | 0,15 |
| 390 | 0,11 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | | 0,15 |
| Átlag | 0,12 | 0,17 | 0,18 | 0,18 | 0,01 | 0,16 |
| Ni mg/kg | | | | | | |
| 135 | 1,23 | 1,30 | 1,29 | 1,38 | 0,32 | 1,30 |
| 193 | 0,82 | 1,10 | 1,13 | 1,01 | | 1,01 |
| 279 | 0,80 | 1,05 | 1,19 | 1,31 | | 1,08 |
| 390 | 0,56 | 0,60 | 0,80 | 0,76 | | 0,68 |
| Átlag | 0,85 | 1,01 | 1,10 | 1,12 | 0,16 | 1,02 |

Megjegyzés: adatok a P kezelések átlagai.

Table 4. Effect of NxK supply levels on the N, K, Ca, Mg and Ni content of air-dried hay on May 23rd, 2001. Ammoniumlactate-soluble K₂O mg/kg in the plow layer (1), N-fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4). Note: data given as means of P treatments.

Kísérletünkben a három fő tápelem (N, P, K) koncentráció-optimumai, valamint azok arány-optimumai (N/P, K/P, N/K) ellenőrizhetők vágásonként. Az első kaszálásnál közelítően a 2% feletti N és K, valamint a 0,2% feletti P jelezheti a kielégítő ellátottságot a szénában, melyhez a termésmaximumok kötődtek. Az N/P és K/P aránya itt 10 körüli, az N/K aránya 1 körüli volt. Hangsúlyozni szükséges,

hogy ezek az optimumok a réti csenkesz vezérnövényű, nyolckomponensű, pillangós nélküli gyepkeverék első kaszálására, az anyaszénára igazak.

5. táblázat NxP-ellátottság és a légszáraz gypszéna P, S, Na, Mn, Sr tartalma, 2001. 05. 23.

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---|-----------------------------|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| P % | | | | | | |
| 66 | 0,14 | 0,14 | 0,12 | 0,13 | 0,03 | 0,13 |
| 153 | 0,17 | 0,22 | 0,21 | 0,21 | | 0,20 |
| 333 | 0,18 | 0,26 | 0,26 | 0,27 | | 0,24 |
| 542 | 0,18 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | | 0,25 |
| Átlag | 0,17 | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,02 | 0,21 |
| S % | | | | | | |
| 66 | 0,15 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,02 | 0,17 |
| 153 | 0,15 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | | 0,24 |
| 333 | 0,15 | 0,27 | 0,30 | 0,31 | | 0,25 |
| 542 | 0,15 | 0,27 | 0,30 | 0,30 | | 0,25 |
| Átlag | 0,15 | 0,25 | 0,26 | 0,26 | 0,01 | 0,23 |
| Na mg/kg | | | | | | |
| 66 | 164 | 384 | 321 | 321 | 124 | 298 |
| 153 | 104 | 504 | 628 | 555 | | 448 |
| 333 | 84 | 537 | 682 | 639 | | 486 |
| 542 | 83 | 525 | 663 | 524 | | 474 |
| Átlag | 109 | 488 | 574 | 535 | 62 | 426 |
| Mn mg/kg | | | | | | |
| 66 | 86 | 98 | 94 | 101 | 10 | 95 |
| 153 | 86 | 116 | 122 | 121 | | 111 |
| 333 | 85 | 110 | 122 | 131 | | 112 |
| 542 | 75 | 102 | 116 | 120 | | 103 |
| Átlag | 83 | 106 | 114 | 118 | 5 | 105 |
| Sr mg/kg | | | | | | |
| 66 | 10 | 10 | 10 | 11 | 2 | 11 |
| 153 | 12 | 15 | 15 | 15 | | 14 |
| 333 | 14 | 17 | 17 | 20 | | 17 |
| 542 | 16 | 19 | 19 | 21 | | 19 |
| Átlag | 13 | 16 | 16 | 17 | 1 | 15 |

Megjegyzés: adatok a K kezelések átlagai.

Table 5. Effect of NxP supply levels on the P, S, Na, Mn and Sr content of air-dried hay on May 23rd, 2001. Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ mg/kg in the plow layer (1), N-fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4). Note: data given as means of K-treatments.

Az 5. táblázatban az NxP kölcsönhatások tanulmányozhatók néhány elem tartalmának módosulására. A P, S, Na, Mn, Si koncentrációi pozitív kölcsönhatásokat jeleznek, emelkedő trendeket mutatnak mind a N, mind a P ellátottsági szintekkel. A P 0,13-0,29%, a S 0,15-0,30% között változik, tehát megkétszereződik az együttes NP-kínálattal. A Na rendkívül érzékenyen reagál és

durván a 100 mg/kg értékről 600 mg/kg értékre ugrik. A Mn 80-120 mg/kg tartományban mérsékelten változik. A Sr szintén kétszeresére nő, 10 mg/kg értékről 20 mg/kg-ra. A kálisó 5-10% Na-ot tartalmaz, tehát Na-forrás. A növényi Na beépülését döntően mégis a pétisó, kisebb mértékben a szuperfoszfát növelte, mely műtrágyák Na-ot csak nyomokban tartalmaznak. Mindez ismét felhívja a figyelmet a szinergizmusok és antagonizmusok növényi felvételben játszott fontos szerepére.

6. táblázat PxK-ellátottság és a légszáraz gyepszéna Fe, Al, Mo, Cr tartalma 2001.05.23.

| AL-K ₂ O mg/kg (1) | P-ellátottsági szintek, AL-P ₂ O ₅ mg/kg (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|----------------------------------|--|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | 66 | 153 | 333 | 542 | | |
| Fe mg/kg | | | | | | |
| 135 | 307 | 119 | 127 | 101 | | 163 |
| 193 | 175 | 149 | 115 | 107 | 76 | 137 |
| 279 | 197 | 104 | 118 | 116 | | 134 |
| 390 | 140 | 103 | 114 | 105 | | 115 |
| Átlag | 204 | 119 | 119 | 107 | 38 | 137 |
| Al mg/kg | | | | | | |
| 135 | 206 | 72 | 73 | 63 | | 103 |
| 193 | 139 | 71 | 72 | 67 | 46 | 87 |
| 279 | 148 | 59 | 76 | 80 | | 91 |
| 390 | 97 | 60 | 69 | 60 | | 71 |
| Átlag | 147 | 65 | 73 | 67 | 23 | 88 |
| Mo mg/kg | | | | | | |
| 135 | 0,44 | 0,18 | 0,15 | 0,15 | | 0,23 |
| 193 | 0,30 | 0,16 | 0,17 | 0,15 | 0,04 | 0,19 |
| 279 | 0,34 | 0,20 | 0,15 | 0,15 | | 0,21 |
| 390 | 0,24 | 0,09 | 0,09 | 0,05 | | 0,12 |
| Átlag | 0,33 | 0,16 | 0,14 | 0,12 | 0,02 | 0,19 |
| Cr mg/kg | | | | | | |
| 135 | 0,33 | 0,14 | 0,17 | 0,10 | | 0,19 |
| 193 | 0,20 | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,08 | 0,17 |
| 279 | 0,20 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | | 0,15 |
| 390 | 0,14 | 0,12 | 0,14 | 0,13 | | 0,13 |
| Átlag | 0,22 | 0,13 | 0,15 | 0,13 | 0,04 | 0,16 |

Megjegyzés: adatok a N kezelések átlagai

Table 6. Effect of PxK supply levels in the Fe, Al, Mo and Cr content of air-dried hay on May 23rd, 2001. Ammoniumlactate-soluble K₂O mg/kg in the plow layer (1), P-supply levels, ammoniumlactate soluble P₂O₅ mg/kg in the plow layer (2), LSD_{5%} (3), Mean (4). Note: data given as means of N-treatments.

A 6. táblázatban közölt Fe, Al, Mo, Cr fémeknél a PxK negatív kölcsönhatásokat szemléltetjük. Ezen fémek koncentrációja mind a P, mind a K ellátottsági szintekkel csökken, esetleg a kontrollon mért érték töredékére zuhan. A Fe 307-ről 105, az Al 206-ról 60, a Mo 0,44-ről 0,05, a Cr 0,33-ről 0,10-0,13 mg/kg értékre. Mindez szinte hihetetlen, hiszen ezen elemekkel trágyázás nem folyt

és a műtrágyák sem minősülnek Fe/Al/Mo/Cr-forrásnak. Mégis, a Fe, Al és Cr közelítően 1/3-ára mérséklődik, míg a Mo csaknem nagyságrendileg szegényedik el a szénában. A kielégítő Mo-ellátottságú csernozjom talaj a műtrágyázás nyomán Mo-hiányossá válik. Valójában a talaj Mo-készlete nem csökkent, csupán a növényi Mo-felvétel szenvedett gátlást. Ez a jelenség talajvizsgálatokkal nem ismerhető fel, csak a növényelemzés tárhatja fel a mechanizmust.

A legtöbb szerző szerint növénydiagnosztikai szempontból a pázsitfűvek kielégítő Cu-tartalma 5-10, Mo-tartalma 0,5-1,0 mg/kg tartományban van, azaz az 5-10 közötti Cu/Mo arány tekinthető kedvezőnek. Kísérletünk N-kontroll talaján a Cu 2,1, a Mo 0,21 mg/kg értéket mutatott az 1. növedékben. Mindkét elem koncentrációja kicsi volt, bár arányuk a 10 körüli optimumot mutatta. A N-túlsúly nyomán a Cu 5,4 mg/kg-ra nőtt, míg a Mo 0,16 mg/kg-ra süllyedt, a Cu/Mo aránya tehát kereken 34-re tágult. A N-trágyázás relatív Cu-túlsúlyt, ill. extrém Mo-hiányt indukált a szénában az 1. táblázat adatai alapján.

Az együttes PK-trágyázással szintén előállt az extrém Mo-hiány. A Cu koncentrációja ugyan érdemben nem módosult a PK-trágyázással, de drasztikusan csökkent a Mo koncentrációja és így a Cu/Mo aránya 20-40-szeresére tágult. Sőt a kifejezett PK-túlsúly eredményeképpen (P₃K₃ kezelésben) a Cu Mo-hez viszonyított túlsúlya 80-szorosára ugrott. Lássuk a továbbiakban, hogyan alakul a 2. kaszálással betakarított széna összetétele? A 7. táblázatban a N-trágyázás, míg a 8. táblázatban P-ellátottság függvényében bemutatott eredmények alakulása követhető nyomon.

7. táblázat N-műtrágyázás és a légszáras gyep elemtartalma, 2001. 10. 09.

| Elem jele (1) | Mérték- egység (2) | N-trágyázás, N kg/ha/év (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|--------------------|-----------------------|-----------------------------|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K | % | 2,23 | 2,70 | 2,97 | 3,10 | 0,15 | 2,75 |
| N | % | 1,78 | 2,17 | 2,68 | 2,75 | 0,16 | 2,35 |
| Ca | % | 0,79 | 0,69 | 0,70 | 0,70 | 0,05 | 0,72 |
| S | % | 0,42 | 0,38 | 0,42 | 0,44 | 0,05 | 0,41 |
| Mg | % | 0,23 | 0,24 | 0,28 | 0,31 | 0,02 | 0,27 |
| P | % | 0,24 | 0,31 | 0,34 | 0,35 | 0,02 | 0,31 |
| NO ₃ -N | % | 0,04 | 0,06 | 0,11 | 0,17 | 0,02 | 0,10 |
| Na | mg/kg | 82 | 395 | 748 | 842 | 130 | 517 |
| Mn | mg/kg | 171 | 172 | 180 | 197 | 10 | 180 |
| Al | mg/kg | 380 | 170 | 132 | 156 | 51 | 209 |
| Fe | mg/kg | 420 | 230 | 260 | 285 | 56 | 278 |
| B | mg/kg | 5,6 | 4,5 | 4,5 | 4,6 | 0,3 | 4,8 |
| Cu | mg/kg | 4,2 | 4,8 | 6,0 | 6,2 | 0,3 | 5,3 |
| Ni | mg/kg | 1,6 | 1,7 | 2,1 | 2,1 | 0,2 | 1,9 |
| Mo | mg/kg | 1,6 | 1,0 | 0,8 | 0,8 | 0,2 | 1,1 |
| Cr | mg/kg | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,3 |

Megjegyzés: As, Hg, Pb, Se 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt. Adatok a PK kezelések átlagai. Table 7. Effect of N-fertilization on the mineral element content of air-dried hay on October 9th, 2001. Measured elements (1), Measuring units (2), N-fertilization, N kg/ha/yr (3), LSD_{5%} (4), Mean (5). Note: data given as means of PK-treatments. As, Hg, Pb, Se usually under 0.1 mg/kg detection limit.

Az október 9-én betakarított sarjuszéna ásványi elemekben általában gazdagabb volt, mint az anyaszéna. Így pl. a K, N, Ca, Mg, Na 20-30%-kal, a Cu 40%-kal, a S és Mn 70-80%-kal, a P és Fe 90-100%-kal, az Al kereken 140%-kal, míg a Mo átlagosan csaknem 5-szörösen haladta meg az 1. kaszálású széna elemkészletét. A B érdemben nem tért el, a NO₃-N pedig 56%-kal volt kevesebb a sarjában. A N-kontroll talajon a Cu 4,2, a Mo 1,6 mg/kg koncentrációt mutatott a 2. növedékben, a Cu/Mo aránya 2,6 értékre szűkült, enyhe Cu-hiányt, ill. Mo-túlsúlyt jelezve. A 300 kg/ha/év N-kezelésben a Cu 6,2 mg/kg-ra nőtt, a Mo viszont felére 0,8 mg/kg-ra süllyedt, tehát a Cu/Mo 7,8-ra tágult. A N-trágyázás az optimális tartományba juttatta a Cu/Mo arányát (7. táblázat).

A 7. táblázat adataiból az is megállapítható, hogy a N-trágyázás „hajtó” hatása a legtöbb elem felvételében itt is érvényesült. A N-kontrollhoz viszonyítva a Mn mintegy 15; a K, N, Mg, P, Cu, Ni 35-50%-kal emelkedett a bőségesebb N-kínálattal. Ugyanitt a NO₃-N 4-szeresére, a Na pedig 10-szeresére ugrott. Érdemben nem módosult a S és a Ca koncentrációja, míg ma B tartalma 18%-kal, Fe 32, Mo 50, Al és Cr 60%-kal esett vissza a N-nélküli parcellákhoz képest.

A P-trágyázás nyomán 6 elem koncentrációjában figyeltünk meg serkentő, ill. 4 elem esetében gátló hatást. A változások statisztikailag igazolhatók. A Mn mintegy 13, Co 36, P 46, S 52, Sr 82, Cd 100%-kal emelkedett az extrém 542 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottságú talajon, összevetve a P-szegény P-kontroll 66 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottságú talajával. Ugyanitt a Cu 14, Zn 20, NO₃-N 33, Na 41%-kal mérséklődött (8. táblázat).

8. táblázat P-ellátottság és a légszáraz gyepszéna elemtartalma, 2001. 10. 09.

| Elem jele (1) | Mérték- egység (2) | AL-P ₂ O ₅ mg/kg (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|--------------------|-----------------------|--|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | | 66 | 153 | 333 | 542 | | |
| S | % | 0,31 | 0,43 | 0,45 | 0,47 | 0,03 | 0,41 |
| P | % | 0,24 | 0,31 | 0,34 | 0,35 | 0,02 | 0,31 |
| NO ₃ -N | % | 0,12 | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 0,02 | 0,10 |
| Na | mg/kg | 698 | 486 | 472 | 411 | 130 | 517 |
| Mn | mg/kg | 163 | 183 | 189 | 185 | 10 | 180 |
| Sr | mg/kg | 17 | 23 | 27 | 31 | 2 | 24 |
| Zn | mg/kg | 16 | 14 | 14 | 13 | 2 | 14 |
| Cu | mg/kg | 5,90 | 5,14 | 5,09 | 5,05 | 0,24 | 5,30 |
| Co | mg/kg | 0,11 | 0,14 | 0,13 | 0,15 | 0,03 | 0,13 |
| Cd | mg/kg | 0,03 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,02 | 0,05 |

Megjegyzés: As, Hg, Pb, Se 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt. Adatok az NK kezelések átlagai.

Table 8. Effect of P-supply levels on the mineral element content of air-dried hay on October 9th, 2001. Measured elements (1), Measuring units (2), Ammoniumlactate soluble P₂O₅ mg/kg in the plow layer (3), LSD_{5%} (4), Mean (5). Note: data given as means of NK-treatments. As, Hg, Pb, Se usually under 0.1 mg/kg detection limit

Megemlítjük, hogy a K-trágyázással nem jelentősen, mindössze 10%-kal nőtt a széna K-tartalma, egyéb elemek beépülése általában nem módosult, vagy a kationantagonizmus következtében mérséklődött. Így pl. a Ca, Mg, Sr 10-20%-kal,

míg a Na és Ba mintegy 40%-kal, a Cd koncentrációja 50%-kal csökkent. A Cd esetében a K-trágyázás ellensúlyozta a P-indukálta Cd-felhalmozást, a K-kontroll talajon mért 0,06 mg/kg Cd a szénában 0,03 mg/kg értékre süllyedt a K-túlsúly eredményeképpen (9. táblázat).

9. táblázat K-ellátottság és a légszáraz gyepszéna elemtartalma 2001. 10. 09.

| Elem jele (1) | Mértékegység(2) | AL-K ₂ O mg/kg (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|---------------|-----------------|-------------------------------|------|------|------|-----------------------|-----------|
| | | 135 | 193 | 279 | 390 | | |
| K | % | 2,55 | 2,81 | 2,86 | 2,80 | 0,15 | 2,75 |
| Ca | % | 0,78 | 0,74 | 0,70 | 0,66 | 0,05 | 0,72 |
| Mg | % | 0,30 | 0,27 | 0,25 | 0,25 | 0,02 | 0,27 |
| Na | mg/kg | 798 | 415 | 385 | 469 | 130 | 517 |
| Sr | mg/kg | 26 | 25 | 24 | 22 | 2 | 24 |
| Ba | mg/kg | 9 | 10 | 12 | 13 | 2 | 11 |
| Cd | mg/kg | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,05 |

Megjegyzés: As, Hg, Pb, Se 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt. Adatok az NP kezelések átlagai.

Table 9. Effect of K-supply levels on the mineral element content of air-dried hay on October 9th, 2001. Measured elements (1), Measuring units (2), Ammoniumlactate soluble K₂O mg/kg in the plow layer (3), LSD_{5%} (4), Mean (5). Note: data given as means of NP-treatments. As, Hg, Pb, Se usually under 0.1 mg/kg detection limit.

A 64 egyedi kezeléskombinációt figyelembe véve pl. a minimum-maximum koncentrációk az alábbiak szerint alakultak a kísérletben az 1. vágáskor: K 1,54-2,89%, N 0,90-3,02%, Ca 0,4-0,7%, S 0,14-0,32%, P 0,12-0,30%, Mg 0,10-0,24%; Na 70-700, Fe 100-288, Al 45-250, Mn 71-130, Sr 10-22, Zn 7-14, Ba 6-11, B 3-8, Ni 0,30-1,63, Cr 0,10-0,43, Mo 0,04-0,44, Co 0,04-0,12 mg/kg légszáraz anyagban. Az As, Hg, Pb, Se mindkét vágásnál a 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt maradt. A Cd az 1. kaszálás szénájában még nem, de a 2. kaszáláskor már kimutatható volt a szénában.

Összefoglalás

- A N-kínálattal általában emelkedett a széna elemtartalma. Kivételt az Al és Mo jelentett mintegy 20-25% hígulást jelezve a N-kontrollhoz viszonyítva. A K, Ca, Mg, Mn, P, Sr, B, Ni 25-50%-os, S és Co 60-70%-os koncentráció-növekedést mutatott a maximális N-kínálattal. A N és a Cu több mint 2-szeresére, a NO₃-N és a Na 5-szörösére dúsult ugyanitt. A P-kínálat igazolhatóan 8 elem dúsulását, ill. 5 elem felvételének gátlását eredményezte. Az alacsony Zn-készlet tovább csökkent mintegy 20, Co 40, Al és Fe 50-60, Mo 70%-kal. Nőtt viszont a Mn és Mg 10-20, a S, NO₃-N, Co 40-50, a Na és Sr 60-70, a P pedig 90%-kal a P-kontrollhoz képest. A K-trágyázás mérsékelten növelte a N, K és Ba beépülését, míg a többi elem felvételét 10-50%-kal mérsékelte az erősödő kationantagonizmus nyomán.

- A P-kontroll talajon a P/Zn aránya 118, a P-túlsúlyos kezelésben 278 értékre emelkedett, a P-indukálta Zn-hiány kifejezetté vált. A PxK negatív kölcsönhatások eredményeképpen a Fe koncentrációja 307-ről 105, Al 206-ről 60, Mo 0,44-ről 0,05, Cr 0,33-ről 0,12 mg/kg értékre zuhant az anyaszénában. A kontroll talajon mért

optimális 10 körüli Cu/Mo aránya a N-túlsúllyal 34-re, az együttes PK-trágyázással 40-80-szorosára tárgult extrém Mo-hiányt indukálva.

- A sarjúszenában átlagosan 20%-kal több K, N, Ca, Mg, Na; 40%-kal több Cu; 70-80%-kal több S és Mn; 90%-kal több Fe és P; 140%-kal több Al; 480%-kal több Mo található. A B-tartalom nem módosult, míg a NO₃-N mintegy 40%-kal csökkent. A Cu/Mo aránya a N-kontroll talajon 2,6, a N-túlsúlyos talajon 7,8 értéket mutatott. A P/Zn aránya a P-kontroll talajon 150, a P-túlsúlyoson 269 értéket jelzett. A P-indukálta Zn-hiány tehát a 2. növedékben is előállt, míg a Cu-indukálta Mo-hiány nem jelentkezett.

- A sarjúszenában is igazolhatóan nőtt a N, K, Mg, P, Mn, Cu, Ni beépülése a N-kínálattal mintegy 20-50 %-kal a N-kontrollhoz viszonyítva. Ugyanitt a NO₃-N 4-szeresére, a Na pedig 10-szeresére ugrott. A Fe, Al, B, Mo, Cr 20-60%-os hígulást mutatott. A P-kínálattal serkentő hatás nyilvánult meg a Mn, Sr, Cd, Co, S, P, valamint gátló hatás a Na, NO₃-N, Cu, Zn elemek esetében. A K-kínálattal általában mérséklődött a kationok, fémek tartalma a szénában. A P-indukálta Cd-akkumulációt a K-trágyázás képes volt ellensúlyozni.

- Összefoglalóan megállapítható, hogy a tartós NPK műtrágyázás drasztikusan akár egy nagyságrenddel megváltoztathatja a takarmányszéna elemösszetételét és elemarányait a kiváltott szinergizmusok és ionantagonizmusok nyomán. Az 1. kaszálásnál pl. a mért elemekben az alábbi minimum-maximum koncentrációk jelentkeztek: N 0,90-3,02, Ca 0,4-0,7, S 0,14-0,32, P 0,12-0,30, Mg 0,10-0,24%; Na 70-700, Fe 100-288, Al 45-250, Mn 71-130, Sr 10-22, Zn 7-14, Ba 6-11, B 3,6-8,1, Ni 0,30-1,63, Cr 0,10-0,42, Mo 0,04-0,44, Co 0,04-0,12 mg/kg légszáraz anyagban.

Kádár I. (2004): Effect of fertilisation on the mineral element content of all-grass sward in 2001 (Summary)

- As a function of N-fertilization the element content of the 1st cut hay usually increased, except for Al and Mo, which showed dilution effects. The concentration of K, Ca, Mg, Mn, P, Sr, B, Ni enhanced with 25-50%, S and Co with 60-70%, N and Cu 2-times, NO₃-N and Na about 5-times compared to the N-control. The P-fertilization stimulated uptake of Mn and Mg for 10-20%; S, NO₃-N and Co for 40-50%, Na and for Sr 60-70%, P for 90%, however, inhibited the uptake of Zn and Co for 20-40%, Al and Fe for 50-60%, Mo for 70% compared to the P-control.

- The P/Zn ratio showed on P-control soil optimal values of 118, while on highly P-supplied soil 278 P/Zn ratio, so indicating Zn-deficiency. As a function of PxK negative interactions, concentration of Fe dropped from 307 to 105 Al from 206 to 60, Mo from 0.44 to 0.05, Cr from 0.33 to 0.12 mg/kg in air-dry hay. The Cu/Mo ration on N-control soil showed the optimal value of approx. 10, while on heavily fertilized with N soil that of 40-80, indicating extreme Mo-deficiency.

- The 2nd cut hay contained about 20% more N, K, Ca, Mg, Na, 40% more Cu, 70-80% more S and Mn, 90% more Fe and P, 140% more Al and nearly 5-times more Mo. The content of B did not changed, while NO₃-N dropped about 40% . The Cu/Mo ratio showed value of 2.6 on N-control soil, while on heavily fertilized with N soil ratio of 7.8. The P/Zn ratio indicated on P-control soil optimal value of 150, while on overfertilized with P soil value of 269. So, the P-induced Zn-deficiency could also be proven in the 2nd cut hay, while the Cu-induced Mo-deficiency disappeared.

- The N-fertilization stimulated in the 2nd cut hay also the accumulation of elements N, K, Mg, P, Mn, Cu and Ni with 20-50% compared to the N-control. The NO₃-N increased 4-times, while Na content 10-times. However the elements Fe, Al, B, Mo and Cr showed a dilution effect with 20-60%. The P-fertilization increased the concentration of Mn, Sr, Cd, Co, S and P, while decreased the content of Na, NO₃-N, Cu and Zn. As a general rule, the K-fertilization hindered the accumulation of metal cations. The P-induced Cd accumulation was fully counterbalanced by increasing K-supply of soil.
- Summarizing above we can state that the long-term fertilization can drastically (in some cases with an order of magnitude) change the concentrations and ratios of elements built in hay through synergetic or antagonistic effects. In the 1st cut hay, for example, the minima-maxima contents of measured elements varied in air-dry hay as follows: N 0.90-3.02, Ca 0.4-0.7, S 0.14-0.32, P 0.12-0.30, Mg 0.10-0.24%; Na 70-700, Fe 100-288, Al 45-250, Mn 71-130, Sr 10-22, Zn 7-14, Ba 6-11, B 3.6-8.1, Ni 0.3-1.6, Cr 0.1-0.4, Mo 0.04-0.44, Co 0.04-0.12 mg/kg.

1.4. Az ásványi elemfelvétel

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Ismeretes, hogy a termésbe épült ásványi elemek mennyiségi viszonyai tájékoztathatnak a növény tápelemigényéről és így a talaj tápelemekben való elszegényedéséről is, amennyiben a termés elkerül a tábláról. Történetileg szemlélve először a nagy francia/svájci botanikus *Saussure (1804)* kísérlete meg 200 évvel ezelőtt a növények tápelemigényét azok kémiai elemzésével megítélni. Később *Liebig (1840-1876)* és *Wolff (1872)* munkái nyomán a terméssel felvett és elvitt elemek mennyiségét vették alapul, hogy ne vakon trágyázzanak.

Wolff (1872) összegyűjtve az akkor elérhető és publikált hamuelemzések adatait arra is felhívta a figyelmet, hogy *Liebig* felvetésével ellentétben a hamuösszetétel közvetlenül nem alkalmas a trágyaigény megállapítására. A tápelemigényt homok és vízkultúrában kezdték ellenőrizni az 1850-es, 1860-as éveket követően a *Sachs (1873, 1887)* által kidolgozott tápoldatos módszerrel. Közben a liziméteres módszert bevezetve *Fraas (1870)* nagyszámú vizsgálattal igazolta, hogy a gyökér strukturálisan fajonként eltér és aktív elemfelvételre képes. A növények fejlődése nem arányos a talajban levő vagy trágyában adott felvehető elemek mennyiségével, ahogy *Liebig* feltételezte.

A tápelemigény és a trágyaigény fogalma tehát elválík egymástól. Vannak sekélyen gyökerező, gyenge elemfelvétellel rendelkező fajok, melyek bőséges felvehető készletet igényelnek a feltalajban. Mások jól hasznosítják a talaj szerves anyagait (humusznövények), esetleg a nyers törmelékeket (kőtörők), hangsúlyozták *Liebig* ellenfelei. A trágyaigényt belső tényezők mint a fajonként eltérő gyökér-abszorpciós aktivitás, kiterjedés, mélyrehatolás stb., valamint külső tényezők mint a talaj tápelemellátottsága, elővetemény, időjárás stb. módosíthatják. Kielégítően ellátott talajokon azonban megelégszünk a tápelemek többé-kevésbé egyszerű pótlásával fenntartó, talajtermékenységet megőrző trágyázást folytatva (*Kádár 1992, Sarkadi 1975, Csathó 1997, Németh 1996*).

A talaj-növény rendszer elemforgalmának vizsgálatában, a talajtermékenység megőrzése terén a természettel felvett elemek ismerete alapvető mind a kutatás, mind az agrokémiai/növény táplálási szaktanácsadás számára. Az ilyen irányú növényelemzés kiterjedten folyik mind több elemre és növényfajra kiterjesztve itthon és külföldön egyaránt. A kapott adatok alapján elemmérlegek állíthatók fel, melyek alappilléret képezik az okszerű szaktanácsadásnak és környezetvédelmi kutatásoknak. A mérlegek felállíthatók tábla, üzem, régi vagy országos szinten, amennyiben a bevétel és kiadás tényezőit megbecsüljük (Kádár 1979, 1992, 1997).

A gyepek trágyázásával foglalkozó hazai irodalom gazdag. Régebbi és újabb közlemények sora taglalja a trágyázás hatását a gyepek fejlődésére, az egyes tápelemek által elérhető terméshozásokra, a takarmányérték jellemzőire, ásványi és botanikai összetétel változására. Esetenként az 1 t széna képződéséhez szükséges fajlagos elemtartalmak bemutatására is sor kerül. Elmarad viszont általában az elemfelvétel mennyiségi viszonyainak átfogó jellemzése, különösen ami a főbb tápelemek közötti kölcsönhatások szerepét illeti (Balázs 1961; Barcsák 1999, 2004; Bánszky 1988, 1997; Bíró 1928; Dresdner 1927; Győri és Alapi 2003; Harmati 1981, 1997; Horváth és Prohászka 1976, 1979; Károly 1899; Nagy 2007; Szabó 1977; Szemán 2007; Tasi és Barcsák 2001; Tölgyesi 1969; Vinczeff 1966 stb.).

Külföldi példát említve jó képet nyújthat a talaj-növény makroelem forgalmáról Dow és mtsai (1980) által Washington államban végzett szabadföldi N-trágyázási kísérlet. Az öntözött viszonyok között kétféle nádképű csenkessel és csomós ebírral telepített gyepek 78-1075 kg/ha/év N-trágyázásban részesült 4-szeri megosztással az 1974-1976. években. Az 540 kg/ha N-kezelésben 1976-ban 18-19 t/ha földfeletti szárazanyag képződött a virágzáskor betakarított szénatermésel. A szénába épült makroelemek mennyisége az alábbiak adódott: N 450-520 kg/ha, P 49-64 kg/ha (112-147 kg/ha P_2O_5), K 360-380 kg/ha (430-460 kg/ha K_2O), Ca 83-100 kg/ha, Mg 52-56 kg/ha.

Az említett szerzők szerint a felvett (a szénába épült) és az adott N %-os aránya, vagyis az ún. látszólagos hasznosulás a legkisebb N-adagnál 100% körülinek, míg a maximális adagnál 60% körülinek adódott 1976-ban. Az extrém N túlsúllyal előálló kicsi N-hasznosulás részben a talajbani immobilizációra (a gyökérbeni akkumuláció, ill. a talaj szerves anyagába épülés), kilúgzásra és az esetleges denitrifikációra volt visszavezethető a szerzők feltételezése szerint. Döntő tényezőnek a szervesanyagot tekintették mint N-fogyasztót, mely a talaj humuszanyagain és a nagytömegű gyökérszöveten kívül a felszínre hulló avaranyagot és mikrobiális immobilizációt is magában foglalja (Dow et al. 1980).

A továbbiakban megkíséreljük bemutatni, hogyan befolyásolja a talaj eltérő N, P és K kínálata a növény, a gyepszéna makro- és mikroelemeinek felvételét. Milyen mértékben szegényedhet el a talaj trágyázás nélkül az egyes elemekben a gyeppgazdálkodás során az egyes kaszálásokkal.

Eredmények

Növényvizsgálataink 24 elemre terjedtek ki egyaránt érintve az ismertebb és fontosabb esszenciális makro- és mikroelemeket, valamint a környezeti szempontból mérvado nehézfémeket is. A 2001. évi anyaszéna elemfelvételét a N-ellátottsági szintek függvényében tekinti át az 1. táblázat.

1. táblázat N-ellátottsági szintek hatása a gypszéna elemfelvételére 2001. 05. 23-án

| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | N-trágyázás, N kg/ha/év (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|---------------|------------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K | kg/ha | 91 | 162 | 152 | 162 | 18 | 142 |
| N | kg/ha | 52 | 126 | 140 | 164 | 12 | 121 |
| Ca | kg/ha | 23 | 38 | 39 | 43 | 4 | 36 |
| S | kg/ha | 7 | 17 | 18 | 19 | 2 | 15 |
| P | kg/ha | 8 | 16 | 15 | 16 | 2 | 14 |
| Mg | kg/ha | 6 | 12 | 12 | 13 | 2 | 11 |
| Na | kg/ha | 0,5 | 3,4 | 4,1 | 3,8 | 0,5 | 2,9 |
| Fe | g/ha | 594 | 844 | 858 | 879 | 147 | 794 |
| Mn | g/ha | 400 | 725 | 773 | 815 | 70 | 678 |
| Al | g/ha | 443 | 560 | 460 | 494 | 120 | 489 |
| Sr | g/ha | 66 | 111 | 107 | 119 | 12 | 101 |
| Zn | g/ha | 43 | 64 | 64 | 64 | 7 | 59 |
| Ba | g/ha | 36 | 55 | 50 | 49 | 6 | 48 |
| B | g/ha | 21 | 36 | 35 | 37 | 4 | 32 |
| Cu | g/ha | 10 | 26 | 30 | 32 | 3 | 24 |
| Ni | g/ha | 4,1 | 7,0 | 7,5 | 7,8 | 1,2 | 6,6 |
| Mo | g/ha | 1,0 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 0,2 | 1,0 |
| Cr | g/ha | 0,7 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,2 | 0,9 |
| Co | g/ha | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,4 |

Megjegyzés: As, Hg, Cd, Pb, Se általában 1 g/ha alatt maradt. Adatok a PK kezelések átlagai.

Table 1. Effect of N treatments on the element uptake of hay on May 23rd, 2001. Measured elements (1), Measuring units (2), N-fertilization, N kg/ha/yr (3), LSD_{5%} (4), Mean (5). Note: As, Hg, Cd, Pb and Se usually under 1 g/ha. Data given as means of PK treatments.

N-trágyázás a széna termését átlagosan 30%-kal növelte és érvényesült „hajtó” hatása, a Mo kivételével minden vizsgált elem koncentrációját emelte. Mindez tükröződik az egyes elemek növénybeni akkumulációjában is. Adatokat a két nem vizsgált tényező, a PK kezelések átlagaiban tüntettünk fel, tehát 32-32 parcella átlagait reprezentálják. A vizsgált 24 elemből 5 elem a kimutatási határ alatt maradt, így a növénybe épült mennyiségük nem érte el az 1 g/ha értéket: As, Hg, Cd, Pb, Se. A táblázatban feltüntetett elemek csökkenő sort adnak átlagos mennyiségük alapján. Maximális felvétellel a K jellemezhető, ezt követi a N, Ca, S, P és Mg a makroelemek tekintetében. Ami a N-trágyázás hatását illeti megállapítható, hogy igazolhatóan nem módosult az Al és a Mo; mérsékelten nőtt a K, Fe, Zn, Ba, B és Cr; átlagosan 2-3-szorosára emelkedett a N, Ca, S, P, Mg, Mn, Sr, Cu, Ni és Co; valamint 7-8-szorosára ugrott a talajból kivont Na mennyisége a maximális N-kínálattal, az N₀ kontrollhoz viszonyítva (1. táblázat).

Az 1. kaszálás idején az átlagos P-hatások kifejezettebbek voltak, a szénatermést a P-kontrollhoz viszonyítva 56%-kal növelték. Emellett a legtöbb esetben segítették az elemek beépülését is a növényi szövetekbe. Gátló hatás nyilvánult meg a Fe, Al, Mo, Co tekintetében a P-antagonizmus nyomán. A P-ellátottsági szintek hatását a gypszéna elemfelvételére a 2. táblázatban tanulmányozhatjuk. Látható, hogy a P-kontrollhoz

viszonyítva csupán a Mo felvétele jelez igazolható visszaesést. A Fe és Al esetén nem volt érdemi módosulás a felvételben, ezért a táblázatban nem is szerepelnek. A P-trágyázás termésnövelő, valamint a Fe és Al koncentrációját csökkentő hatásai gyakorlatilag kiegyenlítették egymást a felvétel során.

2. táblázat P-ellátottsági szintek hatása a gyepszéna elemfelvételére 2001. 05. 23-án

| Elem jele (1) | Mérték- egység (2) | Ammonlaktát (AL)-oldható P ₂ O ₅ mg/kg (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|------------------|-----------------------|--|-----|-----|-----|--------------------------|--------------|
| | | 66 | 153 | 333 | 542 | | |
| K | kg/ha | 87 | 156 | 163 | 161 | 18 | 142 |
| N | kg/ha | 73 | 126 | 133 | 150 | 12 | 121 |
| Ca | kg/ha | 21 | 39 | 42 | 41 | 4 | 36 |
| S | kg/ha | 7 | 17 | 19 | 19 | 2 | 15 |
| P | kg/ha | 5 | 14 | 18 | 19 | 2 | 14 |
| Mg | kg/ha | 6 | 12 | 12 | 12 | 2 | 11 |
| Na | kg/ha | 1,2 | 3,2 | 3,6 | 3,7 | 0,5 | 2,9 |
| Mn | g/ha | 377 | 767 | 801 | 768 | 70 | 678 |
| Sr | g/ha | 43 | 98 | 123 | 138 | 12 | 101 |
| Zn | g/ha | 43 | 60 | 64 | 68 | 7 | 59 |
| Ba | g/ha | 31 | 54 | 54 | 52 | 6 | 48 |
| B | g/ha | 20 | 35 | 38 | 36 | 4 | 32 |
| Cu | g/ha | 14 | 27 | 28 | 29 | 3 | 24 |
| Ni | g/ha | 3,2 | 7,1 | 7,9 | 8,3 | 1,2 | 6,6 |
| Mo | g/ha | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 0,9 | 0,2 | 1,0 |
| Cr | g/ha | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 0,2 | 0,9 |
| Co | g/ha | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,1 | 0,4 |

Megjegyzés: Adatok az NK kezelések átlagai.

Table 2. Effect of soil P-supply levels on the element uptake of hay on May 23rd, 2001. Measured elements (1), Measuring units (2), Ammoniumlactate (AL)-soluble P₂O₅, mg/kg in the plow-layer (3), LSD_{5%} (4), Mean (5). Note: Data given as means of NK-treatments.

A Co esetében kezdetben nő a felvétel a javuló P-kínálattal, majd extrém P-túlsúly nyomán visszaesik. Mérsékelten emelkedik a Zn, Ba, B, Cr és Co; közelítően vagy átlagosan nőtt a K, N, Ca, S, Mg, Na, Mn, Sr, Cu és Ni, valamint csaknem megnégyszereződik a P felvétele. Utóbbi esetben összegződik a P által indukált termésnövekedés és a széna P koncentrációjának emelkedése a növekvő P-kínálattal.

A 3. táblázatban az NxP ellátottsági szintek közötti kölcsönhatások tanulmányozhatók az anyaszéna makroelemeinek akkumulációjára. Mind a N, mind a P pozitív hatást gyakorolt az egyes elemek felvételére. Ebből adódik, hogy a K 62-190, N 45-218, Ca 16-51, S 5-24, P 4-24, Mg 4-16, Na 0,5-5,0 kg/ha széles intervallumban ingadozik az NxP szintek függvényében. A K és Ca átlagosan és közelítően 3-szorosára, Mg 4-szeresére, a N és S 5-szörösére, a P 6-szorosára, míg a Na 10-szeresére nő a N-nel és P-ral egyaránt bőségesen ellátott kezelésben. A N-felvétel részletes adatait korábban már bemutattuk.

3. táblázat NxP ellátottsági szintek hatása a gyepszéna elemfelvételére 2001.05.23.

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg(1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|--|-----------------------------|-----|-----|-----|--------------------------|--------------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K, kg/ha | | | | | | |
| 66 | 62 | 88 | 83 | 116 | 36 | 87 |
| 153 | 102 | 178 | 179 | 164 | | 156 |
| 333 | 109 | 190 | 171 | 181 | | 163 |
| 542 | 90 | 190 | 176 | 190 | | 161 |
| Ca, kg/ha | | | | | | |
| 66 | 16 | 21 | 20 | 27 | 8 | 21 |
| 153 | 26 | 44 | 44 | 43 | | 39 |
| 333 | 28 | 44 | 44 | 50 | | 42 |
| 542 | 22 | 44 | 47 | 51 | | 41 |
| S, kg/ha | | | | | | |
| 66 | 5 | 7 | 7 | 8 | 4 | 7 |
| 153 | 8 | 19 | 21 | 19 | | 17 |
| 333 | 9 | 22 | 22 | 23 | | 19 |
| 542 | 7 | 21 | 23 | 24 | | 19 |
| P, kg/ha | | | | | | |
| 66 | 4 | 5 | 4 | 6 | 4 | 5 |
| 153 | 9 | 16 | 16 | 15 | | 14 |
| 333 | 10 | 20 | 19 | 20 | | 18 |
| 542 | 9 | 22 | 22 | 24 | | 19 |
| Mg, kg/ha | | | | | | |
| 66 | 4 | 6 | 5 | 7 | 4 | 6 |
| 153 | 6 | 13 | 14 | 13 | | 12 |
| 333 | 7 | 14 | 14 | 15 | | 12 |
| 542 | 5 | 14 | 15 | 16 | | 12 |
| Na, kg/ha | | | | | | |
| 66 | 0,5 | 1,5 | 1,2 | 1,6 | 1,0 | 1,2 |
| 153 | 0,5 | 3,6 | 4,8 | 3,8 | | 3,2 |
| 333 | 0,5 | 4,2 | 5,0 | 4,6 | | 3,6 |
| 542 | 0,4 | 4,3 | 5,2 | 5,0 | | 3,7 |

Megjegyzés: adatok a K kezelések átlagai

Table 3. Effect of NxP supply levels on selected element uptake of hay on May 23rd, 2001. N fertilization, N kg/ha/yr (1), Ammoniumlactate soluble P₂O₅ in plow layer (2), LSD_{5%} (3), Mean (4). Note: data given as means of K treatments.

Hasonló változásokat okozott az NxP táplálás a Na, Mn, Sr, Zn és Ba mikroelemek felvételében is. A 4. táblázatban közölt eredmények szerint a Mn 282-968 g/ha, Sr 35-170 g/ha, Zn 32-73 g/ha, Ba 29-55 g/ha, B 18-44 g/ha és a Cu 8-40 g/ha szórással volt jellemezhető az NxP ellátottság függvényében. Azaz 2-2,5-szeresére nőtt a Zn, Ba és B; közel 3,5-szeresére a Mn; 5-szörösére a Sr és Cu felvétele a szénatermással 2001. május 23-án. A 3. és 4., azaz az NxP kétirányú táblázatokban közölt adatok a K kezelések átlagai, tehát 8-8 parcella összevont és átlagolt eredményeit tükrözik.

4. táblázat NxP ellátottsági szintek hatása a gypszena elemfelvételére, 2001.05.23.

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg(1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|--|-----------------------------|-----|-----|-----|--------------------------|--------------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Mn g/ha | | | | | | |
| 66 | 282 | 377 | 356 | 492 | 140 | 400 |
| 153 | 468 | 838 | 927 | 837 | | 725 |
| 333 | 490 | 859 | 894 | 962 | | 773 |
| 542 | 362 | 828 | 916 | 968 | | 815 |
| Sr g/ha | | | | | | |
| 66 | 35 | 41 | 39 | 56 | 24 | 43 |
| 153 | 67 | 111 | 112 | 105 | | 98 |
| 333 | 84 | 135 | 127 | 145 | | 123 |
| 542 | 76 | 158 | 151 | 170 | | 138 |
| Zn g/ha | | | | | | |
| 66 | 32 | 41 | 45 | 55 | 14 | 43 |
| 153 | 44 | 68 | 64 | 62 | | 60 |
| 333 | 50 | 73 | 67 | 67 | | 64 |
| 542 | 45 | 76 | 77 | 73 | | 68 |
| Ba g/ha | | | | | | |
| 66 | 29 | 31 | 27 | 36 | 12 | 31 |
| 153 | 41 | 66 | 59 | 49 | | 54 |
| 333 | 40 | 63 | 55 | 58 | | 54 |
| 542 | 34 | 60 | 60 | 55 | | 52 |
| B g/ha | | | | | | |
| 66 | 18 | 21 | 19 | 24 | 8 | 20 |
| 153 | 23 | 41 | 40 | 37 | | 35 |
| 333 | 25 | 41 | 40 | 44 | | 38 |
| 542 | 19 | 41 | 42 | 44 | | 36 |
| Cu g/ha | | | | | | |
| 66 | 8 | 14 | 15 | 18 | 6 | 14 |
| 153 | 11 | 30 | 34 | 34 | | 27 |
| 333 | 10 | 30 | 34 | 38 | | 28 |
| 542 | 10 | 28 | 38 | 40 | | 29 |

Megjegyzés: adatok a K kezelések átlagai.

Table 4. Effect of NxP supply levels on selected element uptake of hay on May 23rd, 2001. N fertilization, N kg/ha/yr (1), Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ in the plow layer (2), LSD_{5%} (3), Mean (4). Note: data given as means of K treatments.

A K-trágyázás, a talaj növekvő K-kínálata a szénatermést mindössze 0,3-0,5 t/ha-ral növelte átlagosan ezen a K-mal közepesen ellátott vályogtalajon. Érdemben és igazolhatóan serkentette viszont mintegy 30-50%-kal a K, N és Ba felvételét, ill. közel hasonló mértékben mérsékelte a Ni és a Mo beépülését az extrém K-ellátottságon. Megnyilvánult az ionantagonizmus kisebb mértékben a Ca, Mg és B elemek akkumulációjában is. Ezek a változások mindkét növedék esetében jelentkeztek. Az 1. és az 1+2. kaszálás összegének felvételi eredményeit az 5. táblázat foglalja össze a PK kezelések átlagaiban.

5. táblázat K-ellátottsági szintek hatása a gyepszéna elemfelvételére 2001. évben

| Elem jele(1) | Mértékegység(2) | AL-oldható K ₂ O mg/kg(3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag(5) |
|-------------------------|-----------------|--------------------------------------|------|------|------|-----------------------|----------|
| | | 135 | 193 | 279 | 390 | | |
| 1. kaszálás(6) | | | | | | | |
| K | kg/ha | 114 | 140 | 153 | 160 | 18 | 142 |
| N | kg/ha | 108 | 117 | 123 | 135 | 12 | 121 |
| Ca | kg/ha | 37 | 36 | 35 | 34 | 4 | 36 |
| Mg | kg/ha | 12 | 11 | 10 | 10 | 2 | 11 |
| Ba | g/ha | 38 | 42 | 53 | 58 | 6 | 48 |
| B | g/ha | 36 | 32 | 31 | 30 | 4 | 32 |
| Ni | g/ha | 7,7 | 6,7 | 7,5 | 4,6 | 1,2 | 6,6 |
| Mo | g/ha | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 0,7 | 0,2 | 1,0 |
| 1+2. kaszálás együtt(7) | | | | | | | |
| K | kg/ha | 182 | 218 | 234 | 245 | 22 | 220 |
| N | kg/ha | 170 | 182 | 186 | 216 | 15 | 189 |
| Ca | kg/ha | 58 | 55 | 53 | 52 | 5 | 54 |
| Mg | kg/ha | 20 | 18 | 17 | 17 | 2 | 18 |
| Ba | g/ha | 62 | 71 | 85 | 101 | 11 | 80 |
| B | g/ha | 50 | 45 | 43 | 42 | 5 | 45 |
| Ni | g/ha | 13,0 | 11,7 | 12,4 | 10,3 | 1,5 | 11,9 |
| Mo | g/ha | 3,9 | 3,5 | 3,6 | 3,1 | 0,5 | 3,5 |

Megjegyzés: adatok a NP-kezelések átlagai

Table 5. Effect of K treatments on the element uptake of hay on October 9th, 2001. Measured elements (1), Measuring units (2), N-fertilization, N kg/ha/yr (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), 1st cut (6), 1+2 cuts together (7). Note: As, Hg, Cd, Pb and Se usually under 1 g/ha. Data given as means of NP treatments.

A 2. kaszálást adó sarjúszéna termését alapvetően a N-trágyázás növelte, csaknem 4-szeresére. A P és K hatásai elmaradtak. A széna elemkoncentrációi szintén érdemben változtak a N-kínálattal, így a sarjúszéna elemfelvétele kapcsán felvételi adatainkat a meghatározó N-ellátás függvényében szemléltetjük a 6. táblázatban. Látható, hogy mérsékelten nőtt az Al és Cr; átlagosan megkétszereződött a Fe, B és Mo; 3-4-szeresére emelkedett a Ca, S, P, Sr, Zn és Co; 5-6-szorosára ugrott a K, N, Mg, Mn, Ba, Cu és Ni beépülése, míg a szénatermés Na készlete a N-kontroll talajon fejlődött gyepterterméshez képest 33-szoros tömeget mutatott. Utóbbi tény döntően arra vezethető vissza, hogy a N-trágyázással a Na koncentrációja is egy nagyságrenddel emelkedett.

A 7. táblázatban a 2001. évben nyert 2 kaszálással kivont elemek mennyiségeit tanulmányozhatjuk a N-ellátottsági szintek függvényében. A felvétel mérsékelt emelkedését jelzi a Fe, Al, Mo és Cr; átlagosan megkétszereződik a K, Ca, P, Mn, Sr, Zn, Ba, B és Co tömege; mintegy háromszorozódik a S, Cu és Ni; 4-szeresére nő a N; 5-szörösére a Mg és egy nagyságrenddel a Na felvett mennyisége. A vizsgált elemek tömege összesen a N-kontroll talajon 245 kg/ha, a 300 kg/ha/év kezelésben 725 kg/ha körülnek adódik. A N és a K felvétele meghaladja egyenként a 270 kg/ha-t a N-nel igen jól ellátott talajon. Valójában az elemforgalom még extrémebb

különbségeket is mutathat, amennyiben az egyes elemek közötti kölcsönhatásokat is figyelembe vesszük.

6. táblázat N-műtrágyázás hatása a gypszéna elemfelvételére 2001. 10. 09-én

| Elem jele(1) | Mérték- egység(2) | N-trágyázás, N kg/ha/év(3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag(5) |
|-----------------|----------------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|----------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K | kg/ha | 23 | 62 | 106 | 120 | 8 | 78 |
| N | kg/ha | 18 | 50 | 96 | 107 | 7 | 68 |
| Ca | kg/ha | 8 | 16 | 25 | 27 | 2 | 19 |
| S | kg/ha | 4 | 8 | 15 | 17 | 2 | 11 |
| P | kg/ha | 3 | 7 | 11 | 12 | 1 | 8 |
| Mg | kg/ha | 2 | 6 | 10 | 12 | 1 | 7 |
| Na | kg/ha | 0,1 | 0,9 | 2,6 | 3,3 | 0,5 | 1,7 |
| Fe | g/ha | 439 | 523 | 772 | 942 | 132 | 669 |
| Mn | g/ha | 173 | 392 | 640 | 765 | 47 | 493 |
| Al | g/ha | 398 | 384 | 469 | 600 | 114 | 463 |
| Sr | g/ha | 26 | 54 | 85 | 94 | 8 | 64 |
| Zn | g/ha | 16 | 39 | 51 | 50 | 11 | 39 |
| Ba | g/ha | 10 | 29 | 42 | 47 | 10 | 32 |
| B | g/ha | 6 | 10 | 16 | 18 | 2 | 13 |
| Cu | g/ha | 4 | 11 | 21 | 24 | 2 | 15 |
| Ni | g/ha | 1,6 | 4,0 | 7,5 | 8,0 | 0,7 | 5,3 |
| Mo | g/ha | 1,6 | 2,4 | 2,8 | 3,2 | 0,4 | 2,5 |
| Cr | g/ha | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 0,2 | 0,7 |
| Co | g/ha | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,6 | 0,1 | 0,4 |

Megjegyzés: As, Hg, Cd, Pb, Se általában 1 g/ha alatt maradt. Adatok a PK kezelések átlagai.

Table 6. Effect of N treatments on the element uptake of hay on October 9th, 2001. Measured elements (1), Measuring units (2), N-fertilization, N kg/ha/yr (3), LSD_{5%} (4), Mean (5). Note: As, Hg, Cd, Pb and Se usually under 1 g/ha. Data given as means of PK treatments.

A 8. táblázatban néhány kiemelt kezelés eredményeit közöljük a 64 kezeléssel kísérlethől összevonva a két kaszálás adatait (szénatermés, elemfelvételek): Abszolút kontroll: 27 éve semminemű trágyázásban nem részesült (N₀P₀K₀); Egyoldalúan csak mérsékelt N-trágyázásban részesült 100 kg/ha/év adagban (N₁P₀K₀); Mérsékelt, 100 kg/ha/év N-trágyázásban részesült közepes PK ellátottság mellett (N₁P₁K₁); Kielégítőnek minősülő 200 kg/ha/év N-trágyázásban részesült jó kielégítő PK ellátottság mellett (N₂P₂K₂); Tápanyagbőséget reprezentáló, túltrágyázottnak minősülő 300 kg/ha/év N-trágyázásban részesült túlzott/káros PK ellátottság mellett (N₃P₃K₃)

A szénahozamokból látható, hogy a gyep termését a kontrollhoz viszonyítva az egyoldalú N is csaknem megkétszerezte. A kiegyensúlyozott mérsékelt N₁P₁K₁ kínálattal a termés újra közel duplájára emelkedik. Tovább nőhet a termés kedvezően csapadékos évben a tápanyagbőséggel. A gyep meghálálta a már szántóföldi kultúrák számára többé-kevésbé károsnak minősülő és gyakran termésdepressziót eredményező N₃P₃K₃ nagy kínálatot is. A szénahozam az

abszolút kontroll 4-szeresére nőtt. Lássuk ezek után hogyan alakult a talajból kivont elemek mennyisége?

7. táblázat N-trágyázás és a gyeperelemfelvételére 2001-ben. Két kaszálás összegei

| Elem jele(1) | Mérték- egység(2) | N-trágyázás, N kg/ha/év(3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag(5) |
|-----------------|----------------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|----------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K | kg/ha | 113 | 224 | 258 | 283 | 22 | 220 |
| N | kg/ha | 70 | 177 | 236 | 271 | 15 | 189 |
| Ca | kg/ha | 31 | 54 | 64 | 70 | 5 | 54 |
| S | kg/ha | 11 | 26 | 33 | 36 | 2 | 27 |
| P | kg/ha | 12 | 22 | 26 | 28 | 2 | 22 |
| Mg | kg/ha | 5 | 17 | 22 | 25 | 2 | 18 |
| Na | kg/ha | 0,6 | 4,3 | 6,7 | 7,0 | 0,7 | 4,7 |
| Fe | kg/ha | 1,0 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 0,3 | 1,5 |
| Mn | kg/ha | 0,6 | 1,1 | 1,4 | 1,6 | 0,2 | 1,2 |
| Al | kg/ha | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 1,1 | 0,2 | 1,0 |
| Sr | g/ha | 91 | 164 | 192 | 212 | 16 | 165 |
| Zn | g/ha | 59 | 104 | 115 | 114 | 11 | 98 |
| Ba | g/ha | 46 | 84 | 92 | 96 | 11 | 80 |
| B | g/ha | 27 | 46 | 51 | 55 | 4 | 45 |
| Cu | g/ha | 14 | 37 | 51 | 56 | 3 | 40 |
| Ni | g/ha | 6 | 11 | 15 | 16 | 2 | 12 |
| Mo | g/ha | 2,6 | 3,5 | 3,8 | 4,2 | 0,5 | 3,5 |
| Cr | g/ha | 1,3 | 1,7 | 1,7 | 1,9 | 0,3 | 1,6 |
| Co | g/ha | 0,4 | 0,7 | 0,9 | 1,1 | 0,2 | 0,8 |

Megjegyzés: As, Hg, Cd, Pb, Se általában 1 g/ha alatt. Adatok az PK kezelések átlagai.

Table 7. Effect of N treatments on the element uptake of hay in 2001. Sums of two cuts. Measured elements (1), Measuring units (2), N-fertilization, N kg/ha/yr (3), LSD_{5%} (4), Mean (5). Note: As, Hg, Cd, Pb and Se usually under 1 g/ha. Data given as means of PK treatments.

A földfeletti maximális termésbe egyetlen év alatt közel 400 kg/ha N és K épült be. A felvett elemek tömege közel 1 t/ha-ra tehető, ami érzékelteti a talaj-növény rendszer elemforgalmának mennyiségi határait a hazai gyeppaszálkodásban, öntözetlen viszonyok között. Az abszolút kontroll talajon az elemforgalom mindössze 140 kg/ha körülire tehető, tehát 1/7-e az előbbinek. Trágyázás nélkül a talaj nem képes nagymérvű elemszolgáltatásra. Az N₀P₀K₀ abszolút kontrollhoz viszonyítva az N₃P₃K₃ kezelésben a Fe és Cr mintegy kétszeres; a B, N és Co több mint háromszoros; a Ca, Mg és Mn ötszörös; a K, Zn, Ba és Cu több mint hatszoros; a S és Sr átlagosan hétszeres; a P nyolcszoros, a N tízszeres, míg a Na 16-szoros emelkedést mutat. A Mo az egyoldalú mérsékelt N-trágyázással megháromszorozódik, majd a növekvő együttes NPK túlsúly nyomán igazolhatóan mérséklődik.

Felmerül a kérdés, hogy a tervezett termés elemigényének számításakor milyen fajlagos értékekkel számoljon a szaktanácsadás? A gyepszéna fajlagos, azaz 1 t légszáraz széna termésében foglalt elemkészlet a trágyázás, ill. a talaj tápelemkínálata függvényében esetenként széles határok között változhat. A 9.

táblázat adatai szerint pl. a K 20-30 kg, N 14-30 kg, S 2,2-3,8kg, P 1,7-3,2 kg fajlagos értékeket mutat. A Mg és különösen a Ca ezen a meszes termőhelyen természetesen nem jelez érdemi változásokat.

8. táblázat Különböző NPK ellátottsági szintek hatása a gyepszéna termésére és elemfelvételére 2001-ben. Két kaszálás összege

| Széna, ill. elem jele(1) | Mérték-egység(2) | NPK ellátottsági szintek, ill. kombinációk(3) | | | | | SzD _{5%} (4) |
|--------------------------|------------------|---|--|--|--|--|-----------------------|
| | | N ₀ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₁ K ₁ | N ₂ P ₂ K ₂ | N ₃ P ₃ K ₃ | |
| Széna(5) | t/ha | 3,0 | 5,5 | 10,4 | 11,6 | 13,0 | 2,4 |
| K | kg/ha | 59 | 145 | 244 | 300 | 387 | 84 |
| N | kg/ha | 41 | 130 | 178 | 267 | 388 | 68 |
| Ca | kg/ha | 18 | 37 | 58 | 74 | 80 | 20 |
| S | kg/ha | 7 | 15 | 27 | 40 | 49 | 12 |
| P | kg/ha | 5 | 10 | 22 | 32 | 42 | 8 |
| Mg | kg/ha | 6 | 15 | 18 | 24 | 28 | 8 |
| Na | kg/ha | 0,5 | 4,1 | 3,8 | 6,2 | 8,1 | 2,2 |
| Fe | kg/ha | 1,0 | 1,2 | 1,1 | 1,7 | 2,2 | 0,8 |
| Mn | kg/ha | 0,4 | 0,8 | 1,2 | 1,9 | 1,9 | 0,4 |
| Al | kg/ha | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 1,2 | 1,3 | 0,6 |
| Sr | g/ha | 39 | 73 | 166 | 243 | 283 | 64 |
| Zn | g/ha | 40 | 88 | 102 | 118 | 124 | 48 |
| Ba | g/ha | 21 | 37 | 75 | 114 | 121 | 47 |
| B | g/ha | 17 | 34 | 49 | 61 | 63 | 14 |
| Cu | g/ha | 10 | 31 | 39 | 57 | 65 | 14 |
| Ni | g/ha | 5 | 9 | 11 | 19 | 16 | 7 |
| Mo | g/ha | 1,9 | 6,8 | 3,2 | 3,3 | 3,1 | 1,8 |
| Cr | g/ha | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,6 | 2,8 | 0,9 |
| Co | g/ha | 0,4 | 0,6 | 0,4 | 1,4 | 1,4 | 0,8 |

Megjegyzés: As, Hg, Cd, Pb, Se általában 1 g/ha alatt.

Table 8. Effect of different NPK supply levels and combinations on the hay yield and element uptake of grass in 2001. Sums of two cuts. Hay and measured elements (1), Measuring units (2), NPK supply levels or combinations (3), LSD_{5%} (4), Hay (5). Note: As, Hg, Cd, Pb and Se usually under 1 g/ha.

Amennyiben az állatok igényétől eltekintünk az lehet a gazda célja, hogy minél kisebb fajlagos elemtartalommal érjen el egy adott termésszintet. Ez jelentheti a nagy műtrágya-hasznosulást, jobban elkerülhető a luxusfelvétel, az esetleges kilúgzás, környezetszennyezés stb. A mérsékelt és kiegyenlített N₁P₁K₁ ellátottsági szintet alapul véve tájékoztató jelleggel az alábbi fajlagos átlagos értékek javasolhatók a szaktanácsadás számára, telepített füves gyepek esetén, hasonló körülmények között: 25 kg K (30 kg K₂O), 20 kg N, 6 kg Ca (8-9 kg CaO), 2 kg Mg (3-4 kg MgO), 3 kg S, 2 kg P (5 kg P₂O₅).

A fajlagos mikroelem-tartalmak nem adhatnak közvetlen információkat a trágyázási szaktanácsadás számára, amennyiben a mikroelemek pótlása nem a kivont mennyiségük alapján történik. Felvételüket általában nem a talajbani mennyiségük, hanem a felvehetőséget befolyásoló tényezők szabályozzák, elsősorban a talaj reakcióállapota és amint láttuk, a felvétel során lejátszódó

szinergizmusok és antagonizmusok. Fontos azonban ismeretük, hiszen tükrözik a növény tápláltsági állapotát, diagnosztikai információt hordoznak. Másrésről takarmányozási/életteni szempontból befolyásolják az állatok egészségét és az állati termékek minőségét. Közlésük hiányt pótolhat a hazai irodalomban, tehát elsősorban ismeretelméleti jelleget hordozhat.

9. táblázat A gyepszéna fajlagos elemtartalmának változása 2001-ben a talaj NPK ellátottsági szintjeinek függvényében (1 t széna elemkészlete) Két kaszálás összegei

| Elem jele(1) | Mértékegység(2) | NPK ellátottsági szintek kombinációi(3) | | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag(5) |
|--------------|-----------------|--|--|--|--|--|-----------------------|----------|
| | | N ₀ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₁ K ₁ | N ₂ P ₂ K ₂ | N ₃ P ₃ K ₃ | | |
| K | kg/ha | 20 | 24 | 23 | 26 | 30 | 4 | 25 |
| N | kg/ha | 14 | 20 | 17 | 23 | 30 | 3 | 20 |
| Ca | kg/ha | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 1 | 6 |
| S | kg/ha | 2,3 | 2,2 | 2,6 | 3,4 | 3,8 | 0,5 | 3 |
| P | kg/ha | 1,7 | 1,8 | 2,1 | 2,8 | 3,2 | 0,4 | 2 |
| Mg | kg/ha | 2,0 | 2,4 | 1,7 | 2,1 | 2,2 | 0,3 | 2 |
| Na | g/ha | 167 | 582 | 365 | 534 | 623 | 92 | 300 |
| Fe | g/ha | 333 | 200 | 106 | 164 | 169 | 33 | 200 |
| Mn | g/ha | 133 | 127 | 115 | 146 | 146 | 17 | 120 |
| Al | g/ha | 300 | 145 | 67 | 103 | 100 | 25 | 100 |
| Sr | g/ha | 13 | 13 | 16 | 21 | 22 | 3 | 16 |
| Zn | g/ha | 13 | 13 | 10 | 10 | 10 | 2 | 13 |
| Ba | g/ha | 7 | 8 | 7 | 10 | 9 | 2 | 8 |
| B | g/ha | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 |
| Cu | g/ha | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 1 | 5 |
| Ni | g/ha | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 1,6 | 1,2 | 0,5 | 1,5 |
| Mo | g/ha | 0,6 | 1,0 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,8 | 1,0 |
| Cr | g/ha | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,4 |
| Co | g/ha | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |

Megjegyzés: As, Hg, Cd, Pb, Se általában mérés határ alatt.

Table 9. Effect of different NPK supply levels and combinations on the specific element uptake of 1 t hay in 2001. Sums of two cuts. Measured elements (1), Measuring units (2), NPK supply levels or combinations (3), LSD_{5%} (4), Mean (5). Note: As, Hg, Cd, Pb and Se usually under detection limit.

Összefoglalás

- Az NxP pozitív kölcsönhatások eredményeképpen és a K-kezelések átlagában az egyes elemek felvétele az 1. kaszáláskor alábbi intervallumban ingadozott az N₀P₀ kontroll és a maximális N₃P₃ kínálat között: K 62-190, N 45-218, Ca 16-51, S 5-24, P 4-24, Mg 4-16, Na 0,5-5,0 kg/ha; Mn 282-968, Sr 35-170, Zn 32-73, Ba 29-55, B 18-44, Cu 8-40 g/ha. Hasonlóképpen a KxP pozitív kölcsönhatások nyomán a Ba 23-62, Ni 1,5-8,9 g/ha tartományban változott. A KxP negatív kölcsönhatások viszont K₀P₀ kontrollon mért 1,6 g/ha Mo felvételt 0,4 g/ha-ra mérsékeltek.

- A 2001. október 9-én történt 2. kaszálás idején a N-hatások érvényesültek: szénahozam a kontrollon mért 1,0 t/ha-ról 3,9 t/ha-ra nőtt. Ugyanitt a Fe, Ba és Mo felvétele kétszeresére; a Ca, S, P, Sr, Zn és Co felvétele 3-4-szeresére; a K, N, Mg,

Mn, Ba, Cu és Ni felvétele 5-6-szorosára, míg a Na felvétele 33-szorosára nőtt a maximális N-kínálattal, a kontrollhoz viszonyítva a PK kezelések átlagában.

- A két kaszálás összegeit tekintve a szénahozam a 28 éve trágyázatlan talajon 3 t/ha, míg a maximális $N_3P_3K_3$ kezelésben 13 t/ha volt. Ugyanitt a felvett Fe, Cr, B, Ni, Mo és Co 2-3-szorosára; a Ca, Mg, Mn, K, Zn, Ba és Cu 5-6-szorosára; a S, Sr és P 7-8-szorosára; a N 10-szeresére, míg a Na 16-szorosára emelkedett. A kivont K és N maximális tömege elérte a 388 kg/ha, Ca 80 kg/ha, S 49 kg/ha, P 42 kg/ha (96 kg/ha P_2O_5), Mg 24 kg/ha mennyiséget.

- Az 1 t széna képzéséhez szükséges átlagos fajlagos elemigény kísérleti viszonyaink között az alábbiak adódtak: 25 kg K (30 kg K_2O), 20 kg N, 6 kg Ca (8-9 kg CaO), 2-3 kg S, 2 kg P (5 kg P_2O_5), 2 kg Mg (3-4 kg MgO). Mikroelemek fajlagos tartalma: 300 g Na, 200 g Fe, 120 g Mn, 100 g Al, 16 g Sr, 13 g Zn, 8 g Ba, 5 g B és Cu, 1-2 g Ni, 1 g Mo, 0,2 g Cr, 0,1 g Co. As, Hg, Cd, Pb és Se általában 1 g kimutatási határ alatt maradt.

Kádár I. (2005): Effect of fertilisation on the mineral element uptake of all-grass sward in 2001 (Summary)

In 2001 the area had satisfactory amount of 621 mm precipitation with a fairly good distribution. The grass was established on 21. September 2000.

- As a function of NxP positive interactions the element uptake of the 1st cut hay expressed as mean of K treatments increased between the N_0P_0 control and the maximum N_3P_3 levels as follows: K 62-190, N 45-218, Ca 16-51, S 5-24, P 4-24, Mg 4-16, Na 0.5-5.0 kg/ha; Mn 282-968, Sr 35-170, Zn 32-73, Ba 29-55, B 18-44, Cu 8-40 g/ha. The uptake of Ba increased from 23 to 62 g/ha, that of Ni from 1.5 to 8.9 g/ha as a result of KxP positive interactions. Uptake of Mo measure on K_0P_0 soil, however, dropped from 1.6 g/ha to 0.4 g/ha on the K_3P_3 soil as a function of negative KxP interactions.

- The 2nd cut hay harvested on 9th October 2001 showed only N-effects. The hay yield measured on N-control soil was 1.0 t/ha while on 300 kg/ha/yr N-treatment 3.9 t/ha. The uptake of Fe, Ba and Mo increased 2-fold; uptake of Ca, S, P, Sr, Zn and Co 3-4-fold, uptake of K, N, Mg, Mn, Ba and Cu 5-6-fold, while uptake of Na 33-fold with the maximum N-rate, compared to the N-control and as means of PK treatments.

- The 2 cuts together gave on the unfertilised control 3 t/ha, while on the $N_3P_3K_3$ maximum supply level 13 t/ha hay yield. The uptake of Fe, Cr, B, Ni, Mo and Co increased 2-3 times, uptake of Ca, Mg, Mn, K, Zn, Ba and Cu 5-6 times, uptake of S, Sr and P 7-8 times, uptake of N 10 times, while uptake of Na 16 times on the maximum $N_3P_3K_3$ supply levels, compared to the unfertilised control. The maximal mass of uptaken K and N made up 388 kg/ha, Ca 80 kg/ha, S 49 kg/ha, P 42 kg/ha (96 kg/ha P_2O_5), Mg 24 kg/ha in 2001.

- To have 1 t of air-dry hay it was used by grasses as a mean of 25 kg K (30 kg K_2O), 20 kg N, 6 kg Ca (8-9 kg CaO), 2-3 kg S, 2 kg P (5 kg P_2O_5) and 2 kg Mg (3-4 kg MgO). For microelements: 300 g Na, 200 g Fe, 120 g Mn, 100 g Al, 16 g Sr, 13 g Zn, 8 g Ba, 5 g B, 5 g Cu, 1-2 g Ni, 1 g Mo, 0.2 g Cr and 0.1 g Co. The As, Hg Cd, Pb and Se were under detection limit of 1 g. Data may serve for assessing the nutrient demand of all-grass sward.

1.5. Az aminosav tartalom és hozam

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Ismert, hogy a takarmányok fehérjetartalmának minősége, azaz biológiai vagy tápláléértéke eltérő. Meghatározó az alkotó aminosavak garnitúrája. A takarmányban található és az állat fehérjeszintézisében szereplő több mint 20 aminosav közel felét az állat nem képes előállítani, tehát a táplálékból készen kell kapnia. Ezek a nélkülözhetetlen vagy esszenciális aminosavak. A kérődzők kevésbé igényesek, mivel a bendő mikroorganizmusai segítségével megfelelő fehérjéket készíthetnek egyéb N-tartalmú anyagokból is. Feltételeken esszenciálisnak minősülhet egy aminosav, ha a szervezet más aminosavból előállíthatja. A metioninból például cisztin, fenilalaninból tirozin keletkezhet. Ha tehát a takarmányban elegendő a *MET* és a *PHE*, akkor a *CYS* és a *TYR* nem minősül esszenciálisnak (Schmidt 1993; Fekete 2003).

Az aminosavak szükséglet szerinti csoportosítása alapján a mindenevő állatok számára nélkülözhetetlennek minősül az *ARG*, *HIS*, *ILE*, *LEU*, *LYS*, *MET*, *PHE*, *THR*, *TRY*, *VAL*, *GLY*, *PRO*. Utóbbi két aminosav a baromfi számára. Feltételeken nélkülözhető a *CYS* és *TYR*, ill. nélkülözhető általában az *ASP*, *ALA*, *GLU*, *SER*, *PRO*, *GLY* és *ARG*. Általánosan elfogadott, hogy annak a fehérjének a legjobb a biológiai értéke, amelynek aminosav-garnitúrája legjobban megközelíti a belőle előállított termék aminosav-összetételét. Aminosavak meghatározott arányban épülnek be az állat testébe. Hiány esetén a többi esszenciális aminosav beépülése a limitáló aminosavhoz igazodik, tehát követi a Liebig-féle minimum törvényt. Egységnyi fehérje szintézise ugyanakkor meghatározott mennyiségű energiát igényel. Az energiatartalom szintén limitálható, fontos tehát a takarmány fehérje/energia aránya (Schmidt 1993; Fekete 2003).

Az ásványi elemekhez hasonlóan az aminosavak között is felléphet egyensúlyzavar, pl antagonizmus a kémiai rokon aminosavak között a közös transzportfehérje miatt. Ilyen antagonisták a *LEU-ILE*, *ILE-VAL*, *PHE-VAL*, *THR-PHE* párok. Az egyes aminosavak extrém túlsúlya toxicitást is eredményezhet. Az aminosavellátás folyamatossága hiányt szenvedhet az időbeni csúszás miatt, amennyiben a aminosavak készlete nem megfelelő az állati szervezetben. A fehérjeépítés zavartalanságához ugyanis elvileg az összes aminosav egyidejű jelenléte szükséges. Az állatok viszont gyakran jelentős időbeni eltéréssel kapják az eltérő összetételű takarmányokat.

Az aminosavakra, ill. a fehérjékre vonatkozó ismereteink nem régi keletűek. Günter (1992) a takarmányozástannal foglalkozó tudomány fejlődését áttekintve az alábbi lépcsőfokokat különbözteti meg:

1. Tiszta empirikus takarmányozás
2. Thaer-féle szénaegyenérték szerinti empirikus takarmányozás
3. Liebig-féle tápanyagforgalom és tápanyagfunkciók (tudományos alapok)
4. Wolff és Kühn takarmányanalízisei
5. Henneberg és Stohmann takarmányvizsgálatai (emészthető tápanyagok)
6. Pettenkoffer és Voit gázcsere vizsgálatai
7. Berthelot és Stohmann kalorimetriás vizsgálatai

8. Kellner-féle energiamérlegek, zsírképződés, keményítőértékek
9. Zuntz-féle indirekt kalorimetria
10. Thomas és Mitchell nyomán a biológiai fehérjeérték fogalma
11. Funk és Scheunert nyomán a vitaminok és biológiai hatóanyagok

Valójában azonban a fehérjékkel kapcsolatos ismeretek gyökerei a liebigi korba nyúlnak vissza. Liebignél az ásványi elemek és a szerves tápanyagok együtt jelennek meg, melyek forgalma először válik mérhetővé és nyomon követhetővé. Így pl. az ásványi elemek mozgása a talaj-trágya-növény-állat rendszerben. A fehérje, zsír, szénhidrát szerves tápanyagok forgalma a takarmány-állat, vagy táplálék-ember viszonylatban. Liebig ezzel lerakta az érintett tudományágak alapjait, bevezetve a mennyiségi kísérleti módszertant a növénytáplálás, takarmányozástan, élelmiszerkémia, sőt a klinikai orvostudomány számára. A kémiában Lavoisier által az 1700-as évek végén bevezetett kvantitatív módszereket/mérlegeket alkalmazta és ehhez az analitikai eljárásokat is zseniálisan továbbfejlesztette (*Liebig 1840-1876; Liebig 1842*).

A liebigi módszertan és analitika ugyan zseniális volt és új területeket tárt fel, de következtetései és elméletei gyakorta nem állták ki az idők próbáját. Utalhatunk a fehérje-anyagcsere, a fibrin és albumin keletkezése, vagy a növénytáplálásban hangoztatott légköri N-források szerepére. Mai szemmel talán túlságosan is primitívnek tűnhetnek esetenként magyarázatai, de elődeihez képest mégis új korszakot nyitott. Hibái döntően abból erednek, hogy nem végzett élettani kísérleteket. Sem növénytáplálási/trágyázási, sem takarmányozástani kísérleteket.

A jelenségek nem magyarázhatók pusztán kémiai folyamatokkal, hiszen élő szervezetekkel dolgozunk. Először kísérletesen kell feltárni a részjelenségeket, azután általánosítani. A liebigi dedukció módszere kevésbé alkalmazható, az általánosból a helyi konkrét viszonyokra nehéz következtetni, amikor a rendszerek túl bonyolultak. Liebig időnként túl bátran általánosított mások „megbízható” kutatási eredményeit szintetizálva, és vont le messzemenő következtetéseket. A röviden Állatkémia néven ismertté vált könyve előszavában a következőket írja: „Célom az új kémiai módszerek alkalmazása az élettan és a patológia területén. Anatómia és a mikroszkópiai kutatások az élet törvényeit nem tudták feltárni, mert azok nem gondolhatók el a kémiai erők pontos ismerete nélkül” (*Liebig 1842*).

Könyvének „A légzés és táplálkozás” c. fejezetében olvashatjuk a szerves tápanyagokra vonatkozó kitélt: „Az állati és emberi táplálék két osztályba sorolható, úgy mint N-tartalmú és N-mentes. Az első rendelkezik azzal a képességgel, hogy a vérbe jusson. A másik nem. A vértépzésre alkalmas táplálékból képződnek a szervek, míg a másik az egészséges állapot fenntartásához szükséges légzést biztosítja. A N-tartalmú fehérjéket plasztikus tápláléknak (*plastische Nahrungsmittel*), a N-mentes szénhidrátokat, zsírokat légzési anyagoknak (*Respirationsmittel*) nevezzük.”

Liebig helyesen utal arra, hogy a hőtermelést O_2 -felvétel és CO_2 -termelés kíséri. Szerinte azonban a légzési folyamat eltérő a fenntartó és a termelő állatnál. A légzés szénhidrátot és zsírt használ, míg a munkavégzés főként fehérjét. Ha kevés a fehérje a táplálékban saját izomszöveteit használja el. Extra nehéz munkánál tehát extra mennyiségű fehérjére van szükség. A felnőtt ember átlagosan 7 órát alszik és 17 órát van ébren. Az idős ember fele annyit alszik, ezért

fele annyi munkavégzésre képes. Ha többet dolgozik lefogy/elfogy. Az újszülött sokat alszik és keveset mozog, így tömege gyorsan nő. A trópuson kevesebbet mozgunk és kisebb az O₂-felvétel, ezért kevesebb táplálékra van szükségünk, mert a táplálékfelvétel a rendszerbe lépő O₂-felvétel függvénye (Liebig 1842).

Ma már tudjuk, hogy a hőképzés és a munkavégzés szénhidrátokkal, zsírokkal vagy fehérjével egyaránt biztosítható. A fehérje azonban kevésbé hatékony, mert némely alkotói nem teljesen égnek el a testben. Emellett több hő termel, melyet nem tudunk munkavégzésre fordítani. A kísérletek is ellentmondanak a feltételezésnek. A N-kiválasztást kevésbé befolyásolja a sport vagy a munkavégzés. Liebig némileg misztifikálta a fehérje, ill. a hús fogyasztását utalva arra, hogy a húsevő ragadozók gyorsak és erősek a növényevőkhöz képest.

Howe (1992) szerint Liebig hibás szemlélete napjaink táplálkozási szokásaiban is tükröződik. Annak ellenére, hogy a liebigi húskivonat kimerültség, gyengeség, depresszió elleni hatását nem sikerült igazolni. Helyesen mutatott rá viszont arra, hogy a szénhidrátokból zsír képződik. Libahízalásnál több zsírt találunk a testben mint a felhasznált takarmányban. A hús valóban fontos és ízletes táplálék, a benne levő zsír lassítja az áthaladást a gyomorban és hosszan tartó jóllakottság, ill. komfort érzését adja. Emellett vitaminok és egyéb tápelemek forrása, összetevőinek hatását nehéz szétválasztani.

Liebig úgy gondolta, hogy a testszövetek a vér fő alkotóiból, az albuminból és a fibrinből épülnek fel és ezeket a növények szintetizálják. Növényevők közvetlenül a növényből, ragadozók pedig más állatokból veszik fel és építik be a testükbe. A fehérjék elemösszetétele, egyéb fiziko-kémiai tulajdonságai mint az oldhatóság, koaguláció azonosak a növényi és az állati szervezetben. Ma ismert, hogy a fehérjék aminosavakra esve abszorbeálódnak és a vér útján szállítva jutnak el azon szövetekhez, ahol új fehérjékké alakulnak. Az idegen fehérje allergiát vált ki, ezért határozzuk meg a vér típusát transzfúzió előtt. Fehérjeallergia esetén aminosavakkal helyettesíthető a hiányzó fehérje.

A fehérjék tápértékét, ill. minőségét megkülönböztetve ma esszenciális és nem esszenciális aminosavakról beszélünk. Liebig ismerte a leucint, glicint és felfedezte a tirozint. Tudta, hogy P és S lehet a fehérjékben. Érdekelték az ásványi összetevők: K, Na, P, S, Cl. Hangsúlyozta, hogy a Na és Cl főként a vérben, P és a K az izomban található. Az agyszövetben sok a P, ezért úgy vélte, hogy a gondolkodáshoz P-dús táplálék szükséges („*Ohne Phosphor kein Gedanken*”). A P-ra valóban szükség van, de mint utólag beigazolódott a P-dús táplálék semmiféle extra szellemi teljesítményt nem nyújt – jegyzi meg Howe (1992).

Liebig átfogó számításokat is végzett, hogy az élelem tápértékét, ill. annak „mechanikus erejét” megbecsülje annak C, H, N készlete alapján és magyarázza az állati mozgás jelenségét, a szerves anyag oxidációját. Glas (1976) utóbb arra hívta fel a figyelmet, hogy Liebig pusztán input/output adatokkal dolgozott. Azt vizsgálta, mennyi megy be és mi jön ki. A mérlegek arra azonban nem adnak választ, hogy mi történik a szervezetben. A takarmányérték egyébként sem azonos annak elemkészletével, s az állat nem egy önjáró kályha. Analitikai adatok nem helyettesíthetik a kísérleteket. Ami pedig a liebigi fehérje áthasonulását illeti, ellentétes a napi tapasztalattal is. A szoptatás anyatejet termel tejivás nélkül, ill. kazeint tartalmazó növényi táplálék nélkül. Az újszülött pedig pusztán az anyatej kazeinjából építi testét.

Nehring (1965) a takarmányérték, minőség és trágyázás kapcsolatát elemezve aláhúzza, hogy a minőség fogalma relatív, a használati cél függvénye. Fontos számunkra a takarmány biológiai értéke, mely az állat teljesítményét, egészségét és az állati termék minőségét meghatározza. Megkülönbözteti a szerves tápanyagok csoportját a takarmányban, melyek döntően az állati test építőanyagai és energiaforrásai: nyersprotein (fehérjét adja), nyerszsír (főként az energiát szolgáltatja), nyersrost (emészthetőséget segíti elő), N-mentes kivonható anyagok (energiaforrások). Az esszenciális tápanyagok csoportjába sorolja az esszenciális aminosavakat, zsírsavakat (többszörösen telített), vitaminokat, enzimeket, ásványi elemeket. Utóbbiaknak elsősorban az élettani funkciójuk a meghatározó, bár éles határ e tekintetben nem húzható a takarmány-összetevők két csoportja közé.

A szakértő szerint a N-trágyázással nő a nyersprotein, ezzel az amid-N, $\text{NO}_3\text{-N}$ és az aminosavak %-a is a fehérjében, viszont csökken a valódi fehérje aránya. A P-trágyázás segíti a N beépülését, így közvetetten szintén serkenti a nyersfehérje felhalmozódását a szénában. A takarmány fehérje és P tartalma általában párhuzamosan nő. Az együttes PK trágyázás nagyobb nyersfehérje és valódi fehérje tartalmat és hozamot, viszont kisebb nyersrost és N-mentes kivonható anyagot eredményezhet. Réti szénában ez a hatás arra is visszavezethető, hogy többszörösére nőhet a pillangósok aránya a füvek és a gyomok rovására (*Nehring 1965*).

Voisin (1961, 1964, 1965) szerint az állat és az ember egészsége végső soron a talaj összetételétől függ, azaz a talaj-növény-állat-ember sorsa összefonódik, ahogy erre az 1964-ben megjelent könyvének címe is utal. A műtrágya csodálatos eszköz bölcsen alkalmazva: megtöbbszörözheti a termést, javulhat a minőség, nőhet a jólét. Franciaországi példákon azonban azt is bemutatta, hogy a tartós egyoldalú N-használat nyomán egy idő után csak a zöld fűtermés nőtt, míg a tej és hús termelése pangott. Fellépett helyenként a fűtetánia, sterilitás, csontdeformáció és egyéb rendellenességek. A N-túlsúly növeli a nyersfehérjét, de csökkentheti a valódi fehérje arányát és a limitáló esszenciális aminosavak mennyiségét. Így végső soron romolhat a fehérje biológiai értéke.

A szerző szerint az a régi mondás, hogy a talajtól függ az állat napjainkban úgy módosulhat, hogy a műtrágyáktól függ az állat. A legelő állatnál, ill. ha a gazda a takarmányt maga eteti fel, a trágyák hatása közvetlenül jelentkezik. A következmények komolyak: „Egy mobilis elem túlsúlya a talajban csökkenti más elem hatékonyságát és idővel a termést is. Mindez érinti a biológiai minőséget. Műtrágyáknak elsősorban a minőségét kell javítani, vagy legalábbis nem rontani, a termést növelve. A minőség prioritást élvez a termés, a mennyiség felett, mert a normális anyagcserét tartja fenn állatban és emberben” (*Voisin 1965*).

A tápláléklánc egészének vizsgálata nehézségekbe ütközik, mert ehhez szükség lenne az agrokémikus, az állatorvos és az orvos érdemi együttműködésére. A kiegyensúlyozatlan ásványi ellátás végső soron daganatos megbetegedéseket, rákot okozhat a fogyasztó állatban és emberben. Úgy tűnik, az emberi egészségnek nincs kereskedelmi értéke, az állat kondíciójának viszont igen. A talajtermékenység fenntartása céljából tehát nem csak vagy nem pusztán a terméssel elvitt elemeket kell pótolni, hanem a műtrágyázás nyomán minimumba került, vagyis az ionantagonizmusok eredőjeként „eltűnt” tápelemeket is,

melyekkel kiegészítendő a rendszeresen alkalmazott műtrágyák (Voisin 1961, 1964).

Eredmények

Az aminosavak meghatározása ioncserés oszlopkromatográfiás módszerrel történt a Magyar Takarmánykódex (1990) II/1. kötetében leírtak alapján a Debreceni Egyetem Műszerközpontjában.

Az 1. táblázatban bemutatott eredmények szerint igazolhatóan nőtt a *GLU*, *ASP*, *HIS*, *ARG*, valamint mérséklődött a *PRO*, *ALA*, *TRY*, *CYS* a gyepszéna nyersfehérjében N-trágyázás hatására. A N-kezelésektől függetlenül átlagosan a *LEU* 8,1, *LYS* 6,2, *GLY* 5,5, *VAL* 5,5, *PHE* 5,2, *THR* 4,9, *SER* 3,7, *ILE* 3,6, *TYR* 2,6, *MET* 1,0%-ot mutatott. Az adatok a PK kezelések átlagai. Az esszenciális, ill. az összes aminosav mennyisége igazolhatóan nem változott a N-kínálattal, csak tendenciájában mutatott emelkedést. A $\text{NO}_3\text{-N}$ formát is figyelembe véve a N-kontrollon 84, míg a maximális N-adagnál a nyersfehérjének kerekén 89%-át azonosítottuk.

1. táblázat A N-ellátottság és a gyepszéna aminosav tartalma, fehérje%, 2001.05.23.

| Vizsgált(1) aminosav | N-trágyázás, N kg/ha/év(2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag(4) |
|-------------------------|----------------------------|------|------|------|-----------------------|----------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| <i>GLU</i> | 11,4 | 14,8 | 13,4 | 13,6 | 1,2 | 13,3 |
| <i>ASP</i> | 7,8 | 8,8 | 9,4 | 9,7 | 0,7 | 8,9 |
| <i>HIS</i> | 4,8 | 5,2 | 5,4 | 5,7 | 0,7 | 5,3 |
| <i>ARG</i> | 3,6 | 3,8 | 3,8 | 4,1 | 0,4 | 3,8 |
| <i>PRO</i> | 4,3 | 4,2 | 3,6 | 3,3 | 0,9 | 3,8 |
| <i>ALA</i> | 4,2 | 3,5 | 3,0 | 2,2 | 0,8 | 3,2 |
| <i>TRY</i> | 1,2 | 1,1 | 0,9 | 0,7 | 0,3 | 1,0 |
| <i>CYS</i> | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0,3 |
| Esszenc.(5) | 43,7 | 44,1 | 44,7 | 44,5 | 2,5 | 44,2 |
| Összes*(6) | 83,6 | 86,5 | 86,0 | 86,0 | 4,1 | 85,6 |
| $\text{NO}_3\text{-N}$ | 0,5 | 0,8 | 1,7 | 2,6 | 0,3 | 1,4 |
| Együtt(7) | 84,1 | 87,3 | 87,7 | 88,6 | 4,8 | 87,0 |

*A mért 18 aminosav összege. A N-kezelésektől függetlenül átlagosan a *LEU* 8,1, *LYS* 6,2, *GLY* 5,5, *VAL* 5,2, *PHE* 5,2, *THR* 4,9, *SER* 3,7, *ILE* 3,6, *TYR* 2,6, *MET* 1,0%-ot mutatott. Adatok a PK-kezelések átlagai.

Table 1. Effect N treatment on the amino acid content (%) of crude-protein in hay on May 23rd, 2001. Measured amino acids (1), N fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Essential amino acids (5), Total of 18 measured amino acids (6), Total (7). Note: Independent of the N treatments *LEU* showed 8.1, *LYS* 6.2, *GLY* 5.5, *VAL* 5.2, *PHE* 5.2, *THR* 4.9, *SER* 3.7, *ILE* 3.6, *TYR* 2.6, *MET* 1.0% in the crude-protein. Data given as means of PK treatment.

Az említett 4 aminosav tartalmának emelkedése (*GLU*, *ASP*, *HIS*, *ARG*) a fehérjében nem tűnik jelentősnek, a N-kontrollhoz viszonyítva 12-19% között ingadozik a 300 kg/ha/év N-adagnál. Ugyanitt viszont a prolin 23, a cisztin 25, a triptofán 42, az alanin 48%-os visszaesést jelez az N-kontroll %-ában.

Aggodalomra elsősorban a gyakran limitáló esszenciális aminosav, a triptofán készletének esése adhat okot, mely 1,2%-ról 0,7%-ra süllyed (1. táblázat).

A P-ellátottság javulása 7 aminosav tartalmát módosította a fehérjében. Mérsékeltén, de igazolhatóan nőtt az ASP, LEU, GLY, HIS, PHE és CYS, valamint drasztikusan 41%-kal esett az alanin mennyisége a P-kontrollhoz képest. Emelkedett az esszenciális aminosavak, ill. az összes aminosav mennyisége is a P-ellátottsággal, bár utóbbi esetben a növekedés statisztikailag nem bizonyítható (2. táblázat). Kifejezettebb módosulásokat tapasztaltunk az NxP kölcsönhatások nyomán. Az ASP 7,2-ről 10,3%-ra, HIS 3,8-ről 5,8%-ra, ARG 3,2%-ról 4,2%-ra nőtt az együttes NP-kínálattal. Ezzel szemben az ALA 5,8%-ról 2,2%-ra, a TRY 1,3%-ról 0,6%-ra esett ugyanitt. Megemlítjük, hogy a K-trágyázás is mérsékelte a triptofán koncentrációját átlagosan 0,3%-kal. Ennek eredményeképpen az abszolút kontroll talajon mért 1,59% TRY tartalom a maximális NPK terhelés nyomán 0,35%-ra, kevesebb mint ¼-ére zuhant (3. táblázat).

2. táblázat A P-ellátottság és a gyepszéna aminosav tartalma, fehérje%, 2001.05.23.

| Vizsgált(1) aminosav | Ammóniumlaktát-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg(2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag(4) |
|-------------------------|---|------|------|------|-----------------------|----------|
| | 66 | 153 | 333 | 542 | | |
| ASP | 8,4 | 8,6 | 9,1 | 9,6 | 0,7 | 8,9 |
| LEU | 7,5 | 8,2 | 8,2 | 8,6 | 0,8 | 8,1 |
| GLY | 5,2 | 5,3 | 5,4 | 6,0 | 0,7 | 5,5 |
| HIS | 4,7 | 5,0 | 5,5 | 5,9 | 0,7 | 5,3 |
| PHE | 5,0 | 5,2 | 5,1 | 5,4 | 0,4 | 5,2 |
| ALA | 3,9 | 3,9 | 2,6 | 2,3 | 0,8 | 3,2 |
| CYS | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,1 | 0,3 |
| Esszenc.(5) | 42,6 | 44,1 | 44,3 | 46,1 | 2,5 | 44,2 |
| Összes*(6) | 84,0 | 85,1 | 85,2 | 87,9 | 4,1 | 85,6 |

*A 18 mért aminosav összege. Adatok az NK kezelések átlagai.

Table 2. Effect of soil P-supply levels on the amino acid content (%) of crude-protein in hay on May 23rd, 2001. Measured amino acids (1), Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ mg/kg in the plow layer (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Essential amino acids (5), Total of 18 measured amino acids (6). Note: Data given as means of NK treatments.

Mindez megváltoztatta némely aminosav egymáshoz viszonyított arányát is. Amint a 4. táblázatban látható, az ASP/ALA aránya az NP-kontrollon mért 1,2-ről 4,7-re, az ARG/TRY aránya ugyanitt 2,5-ről 6,3-ra, a HIS/TRY aránya pedig 2,9-ről 9,7-re, több mint 3-szorosára tágult a K-kezelések átlagában és az együttes NP-túlsúly nyomán. Az NxP trágyázás következtében antagonizmus jelensége figyelhető meg a bemutatott három aminosavpár között és kialakulhatott az inbalansz. Különösen figyelemre méltó az esszenciális ARG/TRY és HIS/TRY aminosavak közötti arányeltolódás.

A N-trágyázással általában 3-4-szeresére nőtt az egyes aminosavak ha-kénti hozama. Ez alól kivételt tulajdonképpen csak a triptofán képez, mely 2,0-2,5-szeres emelkedést jelez. A PK-kezelések átlagában számított esszenciális aminosavak mennyisége a N-kontrollon mért 154 kg/ha-ról 492 kg/ha-ra, míg az összes aminosavhozam 293 kg/ha-ról 953 kg/ha-ra emelkedett a maximális N-adaggal. A

szignifikancia határán hozamnövekedést mutatott a 100 kg/ha/év N-túlsúly nyomán a triptofán (5. táblázat).

3. táblázat NxP ellátottsági szintek hatása a gyepszéna nyersfehérje aminosav tartalmára 2001. 05. 23-án, %

| tartalékára 2001. 03. 25-án, % | | | | | | |
|--|----------------------------|------|------|------|-----------------------|----------|
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg(1) | N-trágyázás, N kg/ha/év(2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag(4) |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| ASP | | | | | | |
| 66 | 7,2 | 8,7 | 8,4 | 9,1 | 1,4 | 8,4 |
| 153 | 7,0 | 8,8 | 9,4 | 9,2 | | 8,6 |
| 333 | 8,0 | 8,7 | 9,6 | 10,0 | | 9,1 |
| 542 | 9,1 | 8,9 | 10,1 | 10,3 | | 9,6 |
| Átlag | 7,8 | 8,8 | 9,4 | 9,7 | 0,7 | 8,9 |
| HIS | | | | | | |
| 66 | 3,8 | 5,4 | 4,9 | 4,9 | 1,4 | 4,7 |
| 153 | 4,1 | 4,6 | 5,1 | 6,2 | | 5,0 |
| 333 | 5,3 | 5,5 | 5,4 | 5,8 | | 5,5 |
| 542 | 6,2 | 5,3 | 6,3 | 5,8 | | 5,9 |
| Átlag | 4,8 | 5,2 | 5,4 | 5,7 | 0,7 | 5,3 |
| ARG | | | | | | |
| 66 | 3,2 | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 0,8 | 3,6 |
| 153 | 3,3 | 3,8 | 3,7 | 4,2 | | 3,7 |
| 333 | 3,6 | 4,2 | 3,7 | 4,2 | | 3,9 |
| 542 | 4,2 | 3,8 | 3,9 | 3,8 | | 3,9 |
| Átlag | 3,6 | 3,8 | 3,8 | 4,1 | 0,4 | 3,8 |
| ALA | | | | | | |
| 66 | 5,8 | 3,8 | 3,9 | 2,2 | 1,6 | 3,9 |
| 153 | 6,0 | 3,9 | 3,6 | 2,3 | | 3,9 |
| 333 | 2,2 | 4,0 | 2,2 | 2,2 | | 2,6 |
| 542 | 2,6 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | | 2,3 |
| Átlag | 4,2 | 3,5 | 3,0 | 2,2 | 0,8 | 3,2 |
| TRY | | | | | | |
| 66 | 1,30 | 1,02 | 1,10 | 0,76 | 0,49 | 1,04 |
| 153 | 1,36 | 1,16 | 1,08 | 0,74 | | 1,09 |
| 333 | 1,00 | 1,19 | 0,71 | 0,75 | | 0,91 |
| 542 | 0,96 | 1,16 | 0,74 | 0,60 | | 0,86 |
| Átlag | 1,15 | 1,13 | 0,90 | 0,72 | 0,25 | 0,98 |

Megjegyzés: adatok a K-kezelések átlagai. A K-trágyázás a TRY koncentrációját 0,30%-kal szintén csökkentette. Az abszolút kontroll 1,59%, az N₃P₃K₃ kezelés 0,35% TRY tartalmat mutatott.

Table 3. Effect of NxP supply levels on some amino acid contents (%) of crude-protein in hay on May 23rd, 2001. Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ in the plow layer (1), N fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4). Note: data given as means of K treatments. The TRY content was depressed also by K fertilization, so TRY showed on N₀P₀K₀ 1.59%, while on N₃P₃K₃ plots 0.35%.

4. táblázat NxP ellátottsági szintek hatása néhány aminosav nyersfehérjében mért arányára a gyepszénában 2001. 05. 23-án

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---|-----------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| ASP/ALA | | | | | | |
| 66 | 1,2 | 2,3 | 2,2 | 4,1 | 1,4 | 2,4 |
| 153 | 1,2 | 2,3 | 2,6 | 4,0 | | 2,5 |
| 333 | 3,6 | 2,2 | 4,4 | 4,5 | | 3,7 |
| 542 | 3,5 | 4,0 | 4,6 | 4,7 | | 4,2 |
| Átlag | 2,4 | 2,7 | 3,4 | 4,3 | 0,7 | 3,2 |
| ARG/TRY | | | | | | |
| 66 | 2,5 | 3,5 | 3,5 | 5,3 | 1,0 | 3,7 |
| 153 | 2,4 | 3,3 | 3,4 | 5,7 | | 3,7 |
| 333 | 3,6 | 3,5 | 5,2 | 5,6 | | 4,5 |
| 542 | 4,4 | 3,3 | 5,3 | 6,3 | | 4,8 |
| Átlag | 3,2 | 3,4 | 4,4 | 5,7 | 0,5 | 4,2 |
| HIS/TRY | | | | | | |
| 66 | 2,9 | 5,3 | 4,5 | 6,4 | 1,6 | 4,8 |
| 153 | 3,0 | 4,0 | 4,7 | 8,4 | | 5,0 |
| 333 | 5,3 | 4,6 | 7,6 | 7,7 | | 6,3 |
| 542 | 6,5 | 4,6 | 8,5 | 9,7 | | 7,3 |
| Átlag | 4,4 | 4,6 | 6,3 | 8,0 | 0,8 | 5,8 |

Megjegyzés: adatok a K-kezelések átlagai.

Table 4. Effect of NxP supply levels on some amino acid ratios of crude-protein in hay on May 23rd, 2001. Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ in the plow layer (1), N fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4). Note: Data given as means of K treatments.

Mérsékeltebben 2-2,5-szeresére nő általában az aminosavhozam a P-kínálattal. Kivételt jelent ez alól a prolin, alanin és a triptofán, melyek hozamának maximumait nem az extrém nagy 542 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottságon, hanem a „közepesnek” minősülő 153 mg/kg AL-P₂O₅ tartalmú talajon találjuk. Az NK kezelések átlagaiban számított esszenciális aminosavak mennyisége a P-kontroll talajon mért 212 kg/ha-ról 460 kg/ha-ra, míg az összes aminosavhozam 415 kg/ha-ról 879 kg/ha-ra emelkedik az extrém nagy P-ellátottság nyomán (6. táblázat).

Kismértékben a K-kínálat is pozitív hatást gyakorolt az aminosavhozamra. A 7. táblázatban közölt adatok szerint nyolc aminosav esetében a változás igazolható volt és általában 20-30%-os növekedéssel párosult a kontrollhoz viszonyítva. Az NP-kezelések átlagaiban számított esszenciális aminosavak mennyisége a K-kontroll talajon mért 328 kg/ha-ról 402 kg/ha-ra, míg az összes aminosavhozam 625 kg/ha-ról 774 kg/ha-ra emelkedett a maximális K-kínálattal. A bemutatott adatokból az is megállapítható, hogy esetenként már a „közepes” 193 mg/kg AL-K₂O, vagy a „kielégítőnek” minősülő 279 mg/kg AL-K₂O tartalom felett az aminosavhozam többletei nem igazolhatók.

5. táblázat N-trágyázás hatása a gyepszéna aminosav hozamára 2001. 05. 23-án, kg/ha

| Vizsgált aminosav (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|-----------------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| 1. GLU | 40 | 123 | 124 | 151 | 15 | 109 |
| 2. ASP | 28 | 75 | 90 | 107 | 9 | 75 |
| 3. LEU | 28 | 73 | 79 | 86 | 10 | 67 |
| 4. LYS | 23 | 54 | 55 | 69 | 6 | 50 |
| 5. GLY | 21 | 40 | 52 | 66 | 10 | 45 |
| 6. HIS | 18 | 44 | 52 | 63 | 7 | 44 |
| 7. VAL | 18 | 40 | 54 | 58 | 7 | 43 |
| 8. PHE | 17 | 45 | 49 | 58 | 7 | 42 |
| 9. THR | 17 | 41 | 45 | 56 | 5 | 40 |
| 10. ARG | 12 | 33 | 36 | 45 | 5 | 31 |
| 11. PRO | 15 | 35 | 31 | 37 | 7 | 30 |
| 12. SER | 13 | 32 | 33 | 42 | 4 | 30 |
| 13. ILE | 12 | 29 | 36 | 38 | 4 | 29 |
| 14. ALA | 14 | 29 | 26 | 25 | 7 | 23 |
| 15. TYR | 8 | 23 | 25 | 30 | 3 | 21 |
| 16. MET | 4 | 8 | 9 | 12 | 2 | 8 |
| 17. TRY | 4 | 10 | 8 | 8 | 2 | 7 |
| 18. CYS | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 3 |
| 19. Esszenc.(5) | 154 | 377 | 424 | 492 | 42 | 362 |
| 20. Összes (6) | 293 | 735 | 809 | 953 | 76 | 698 |

Megjegyzés: Adatok a PK kezelések átlagai

Table 5. Effect of N fertilization on the aminoacid yield (kg/ha) of hay on May 23rd, 2001. Measured amino acids (1), N fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Essential amino acids (5), Total of 18 measured amino acids (6). Note: data given as means of PK treatments.

A 8. táblázatban a légszáraz gyepszéna %-ában tüntettük fel az aminosavakat csökkenő mennyiségük sorrendjében és az 5 kiemelt kezelés függvényében. Az adatokból látható, hogy a maximális NPK kínálattal az aminosavak koncentrációja a nyersfehérjével együtt a legtöbb esetben 2-3-szorosára emelkedik. Kivétel az alábbi aminosavak jelentik: *LYS* és *TYR* tartalma átlagosan 30-50%-kal nőhet; *ALA* igazolhatóan nem módosul; a *TRY* felére csökken, míg a *CYS* négyszereződik. Feltüntettük a NO₃-N %-ait is. Az aminosavak + NO₃-N együttes mennyisége 8%-ot ér el az abszolút kontroll, ill. 18%-ot az N₃P₃K₃ kezelésben. Tehát követi a nyersfehérje %-át, annak mintegy 9/10 részét téve ki.

Itt is szembevetendő a gyepszéna triptofánban való elszegényedése a műtrágyázás eredményeképpen. Így pl. az N₀P₀K₀ abszolút kontroll talajon fejlődött szénában a hisztidin/triptofán aránya 2,5. Ezzel szemben az N₃P₃K₃ maximális ellátottságon a hisztidin triptofánhoz viszonyított túlsúlya 15-re tágul, tehát 6-szorosára nőhet. A hasonlóképpen trágyázott széna elvileg triptofán kiegészítésre szorulhat az aminosav egyensúly helyreállítása céljából. Természetesen a többi aminosavra is fennáll a trágyázás módosító hatása, az inbalansz jelensége (8. táblázat).

6. táblázat P-ellátottsági szintek hatása a gyepszéna aminosav hozamára 2001. 05. 23-án, kg/ha

| Vizsgált aminosav (1) | Ammoniumlaktát oldható P ₂ O ₅ mg/kg (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag(4) |
|-----------------------|--|-----|-----|-----|-----------------------|----------|
| | 66 | 153 | 333 | 542 | | |
| 1. GLU | 68 | 113 | 120 | 136 | 15 | 109 |
| 2. ASP | 42 | 76 | 84 | 98 | 9 | 75 |
| 3. LEU | 37 | 70 | 74 | 85 | 10 | 67 |
| 4. LYS | 29 | 55 | 56 | 61 | 6 | 50 |
| 5. GLY | 26 | 44 | 48 | 61 | 10 | 45 |
| 6. HIS | 24 | 44 | 50 | 59 | 7 | 44 |
| 7. VAL | 27 | 43 | 45 | 56 | 7 | 43 |
| 8. PHE | 25 | 45 | 46 | 54 | 7 | 44 |
| 9. THR | 24 | 40 | 45 | 50 | 5 | 40 |
| 10. ARG | 18 | 33 | 36 | 39 | 5 | 31 |
| 11. PRO | 18 | 36 | 32 | 33 | 7 | 30 |
| 12. SER | 18 | 31 | 34 | 38 | 4 | 30 |
| 13. ILE | 18 | 30 | 31 | 37 | 4 | 29 |
| 14. ALA | 18 | 29 | 24 | 23 | 7 | 23 |
| 15. TYR | 12 | 22 | 25 | 27 | 3 | 21 |
| 16. MET | 5 | 9 | 9 | 10 | 2 | 8 |
| 17. TRY | 5 | 9 | 8 | 8 | 2 | 7 |
| 18. CYS | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 3 |
| 19. Esszenc.(5) | 212 | 377 | 398 | 460 | 42 | 362 |
| 20. Összes (6) | 415 | 730 | 766 | 879 | 76 | 698 |

Megjegyzés: Adatok az NK kezelések átlagai

Table 6. Effect of soil P-supply levels on the amino acid yield (kg/ha) of hay on May 23rd, 2001. Measured amino acids (1), Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ in the plow layer (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Essential amino acids (5), Total of 18 measured amino acids (6). Note: data given as means of NK treatments.

7. táblázat K-ellátottsági szintek hatása a gyepszéna aminosav hozamára 2001. 05. 23-án, kg/ha

| Vizsgált aminosav (1) | Ammoniumlaktát oldható K ₂ O mg/kg (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|-----------------------|---|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| | 135 | 193 | 279 | 390 | | |
| 1. ASP | 65 | 75 | 76 | 83 | 9 | 75 |
| 2. LEU | 60 | 62 | 68 | 76 | 10 | 67 |
| 3. GLY | 40 | 42 | 45 | 52 | 10 | 45 |
| 4. HIS | 39 | 44 | 44 | 50 | 7 | 44 |
| 5. VAL | 39 | 42 | 43 | 47 | 7 | 43 |
| 6. THR | 35 | 39 | 41 | 44 | 5 | 40 |
| 7. ALA | 20 | 23 | 23 | 27 | 7 | 23 |
| 8. CYS | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 |
| 9. Esszenc.(5) | 328 | 353 | 363 | 402 | 42 | 362 |
| 10. Összes(6) | 625 | 684 | 707 | 774 | 76 | 698 |

Megjegyzés: Adatok az NP kezelések átlagai.

Table 7. Effect of K supply levels on the amino acid yields (kg/ha) of hay on May 23rd, 2001. Measured amino acids (1), Ammoniumlactate (AL) soluble K₂O in the plow layer (2), LSD_{5%}(3), Mean (4), Essential amino acids (5), Total of 18 measured amino acids (6). Note: data given as means of NP treatments.

8. táblázat NPK-ellátottsági szintek és kombinációik hatása a légszáraz gypszena aminosav, NO₃-N és nyersfehérje tartalmára 2001. 05. 23-án, %

| Vizsgált aminosav (1) | | NPK-ellátottsági szintek ill. kombinációik (2) | | | | | SzD _{5%} (3) |
|-----------------------|--------------------|--|--|--|--|--|-----------------------|
| | | N ₀ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₁ K ₁ | N ₂ P ₂ K ₂ | N ₃ P ₃ K ₃ | |
| 1. | GLU | 1,08 | 2,30 | 1,74 | 2,04 | 2,65 | 0,88 |
| 2. | ASP | 0,79 | 1,13 | 1,16 | 1,56 | 1,98 | 0,48 |
| 3. | LEU | 0,69 | 1,12 | 0,98 | 1,32 | 1,66 | 0,56 |
| 4. | LYS | 0,67 | 0,79 | 0,67 | 0,99 | 1,07 | 0,36 |
| 5. | GLY | 0,54 | 0,86 | 0,39 | 0,97 | 1,85 | 0,52 |
| 6. | HIS | 0,38 | 0,71 | 0,63 | 0,87 | 1,12 | 0,36 |
| 7. | VAL | 0,56 | 0,65 | 0,66 | 0,96 | 1,13 | 0,28 |
| 8. | PHE | 0,42 | 0,67 | 0,59 | 0,81 | 1,01 | 0,28 |
| 9. | THR | 0,46 | 0,63 | 0,54 | 0,82 | 0,98 | 0,26 |
| 10. | ARG | 0,38 | 0,42 | 0,47 | 0,61 | 0,89 | 0,24 |
| 11. | PRO | 0,26 | 0,36 | 0,46 | 0,22 | 0,72 | 0,42 |
| 12. | SER | 0,33 | 0,51 | 0,42 | 0,60 | 0,72 | 0,20 |
| 13. | ILE | 0,33 | 0,42 | 0,42 | 0,62 | 0,73 | 0,21 |
| 14. | ALA | 0,55 | 0,33 | 0,48 | 0,37 | 0,40 | 0,44 |
| 15. | TYR | 0,26 | 0,34 | 0,32 | 0,41 | 0,45 | 0,16 |
| 16. | MET | 0,07 | 0,19 | 0,14 | 0,17 | 0,18 | 0,06 |
| 17. | TRY | 0,15 | 0,10 | 0,11 | 0,13 | 0,07 | 0,06 |
| 18. | CYS | 0,02 | 0,08 | 0,02 | 0,07 | 0,09 | 0,04 |
| 19. | NO ₃ -N | 0,06 | 0,08 | 0,07 | 0,16 | 0,43 | 0,12 |
| 20. | Összesen(4) | 8,00 | 11,69 | 10,27 | 13,70 | 18,13 | 4,0 |
| 21. | Ny.fehérje(5) | 9,04 | 13,20 | 11,70 | 15,50 | 20,26 | 5,1 |

Table 8. Effect of different NPK supply levels and combinations on the amino acid, NO₃-N and crude-protein contents of the air-dried hay on May 23rd, 2001., %. Measured amino acids (1), NPK supply levels or combinations (2), LSD_{5%}(3), Total of 18 measured amino acids + NO₃-N (4), Crude-protein (5).

A kiemelt 5 kezelés reprezentálja, hogy milyen határok között változhat a gypszena aminosav hozama, hogyan alakult az esszenciális és összes aminosavak betakarított mennyisége, a nyersfehérje tömege és a szénatermés a 28 év alatt létrejött extrém tápláltsági szintek függvényében. Eredményeinket a 9. táblázat foglalja össze. Az alanin és a triptofán hozama 3-4-szeresére, a szénatermés 5-szörösre, az aminosavak többségének tömege 8-12-szeresére, tehát egy nagyságrenddel emelkedett a maximális N₃P₃K₃ ellátottsági szinten, viszonyítva az abszolút kontrollhoz. A hisztidin ezt meghaladóan 14-szeres, a prolin mintegy 16-szoros, a glicin 18-szoros, a cisztin 20-szoros hozamemelkedést ért el. Az esszenciális aminosavak tömege 774 kg/ha, az összes aminosav hozama 1552 kg/ha, a nyersfehérje hozama 1779 kg/ha mennyiséget jelentett a maximális N₃P₃K₃ szinten, egy nagyságrenddel haladva meg a kontrollon kapott értékeket.

9. táblázat NPK ellátottsági szintek és kombinációik hatása a gyepszéna aminosav és nyersfehérje hozamára (kg/ha), valamint széna termésére (t/ha) 2001. 05. 23-án

| Vizsgált aminosav(1) | | NPK-ellátottsági szintek ill. kombinációik (2) | | | | | SzD _{5%} (3) |
|----------------------|--|--|--|--|--|--|-----------------------|
| | | N ₀ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₁ K ₁ | N ₂ P ₂ K ₂ | N ₃ P ₃ K ₃ | |
| 1. GLU | | 19 | 80 | 135 | 160 | 233 | 60 |
| 2. ASP | | 14 | 39 | 90 | 123 | 174 | 35 |
| 3. LEU | | 12 | 39 | 76 | 104 | 146 | 38 |
| 4. LYS | | 12 | 27 | 52 | 78 | 94 | 25 |
| 5. GLY | | 9 | 30 | 30 | 76 | 162 | 41 |
| 6. HIS | | 7 | 25 | 49 | 68 | 98 | 26 |
| 7. VAL | | 10 | 23 | 51 | 76 | 99 | 25 |
| 8. PHE | | 7 | 23 | 46 | 64 | 89 | 19 |
| 9. THR | | 8 | 22 | 42 | 64 | 84 | 19 |
| 10. ARG | | 7 | 15 | 36 | 48 | 78 | 18 |
| 11. PRO | | 4 | 12 | 36 | 17 | 63 | 30 |
| 12. SER | | 6 | 18 | 33 | 47 | 63 | 15 |
| 13. ILE | | 6 | 15 | 33 | 49 | 64 | 16 |
| 14. ALA | | 10 | 12 | 37 | 29 | 35 | 28 |
| 15. TYR | | 4,5 | 12 | 25 | 32 | 40 | 11 |
| 16. MET | | 1,2 | 6,6 | 10,9 | 13,4 | 15,8 | 3,5 |
| 17. TRY | | 2,5 | 3,6 | 8,6 | 10,2 | 6,2 | 3,5 |
| 18. CYS | | 0,4 | 2,8 | 1,6 | 5,5 | 7,9 | 3,5 |
| 19. Esszenc.(4) | | 71 | 198 | 405 | 574 | 774 | 170 |
| 20. Összesen(5) | | 138 | 403 | 793 | 1064 | 1552 | 305 |
| 21. Ny.fehérje(6) | | 157 | 458 | 909 | 1218 | 1779 | 318 |
| 22. Széna(7) | | 1,7 | 3,5 | 7,8 | 7,9 | 8,8 | 2,4 |

Table 9. Effect of different NPK supply levels and combinations on the yield of amino acids, crude-protein in kg/ha and hay yield in t/ha on May 23rd, 2001. Measured amino acids (1), NPK supply levels or combinations (2), LSD_{5%}(3), Essential amino acids (4), Total of 18 measured amino acids (5), Crude-protein (6), Hay (7).

Összefoglalás

- A vizsgált 18 aminosavból 8 változott igazolhatóan a N-trágyázás hatására: A *GLU*, *ASP*, *HIS*, *ARG* 12-19%-kal nőtt; míg a *PRO* 23, *CYS* 25, *TRY* 42, *ALA* 48%-kal csökkent a maximális N-adagolás nyomán a nyersfehérjében, a N-kontrollhoz viszonyítva. Az emelkedő P-kínálattal nőtt az *ASP*, *LEU*, *GLY*, *PHE*, *HIS*, *CYS* koncentrációja, ill. drasztikusan 41%-kal esett az *ALA* tartalma a P-kontrollhoz képest.

- Az NxP pozitív kölcsönhatások nyomán az NP kontrollon mért *ASP* 7,2-ről 10,3%-ra, *HIS* 3,8-ről 5,8%-ra, *ARG* 3,2-ről 4,2%-ra emelkedett az együttes NP trágyázással. Ugyanitt az *ALA* 5,8-ről 2,2%-ra, ill. a *TRY* 1,3-ről 0,6%-ra zuhant. A *TRY* koncentrációját a K-trágyázás is mérsékelte átlagosan 0,3%-kal, így az abszolút kontrollon mért 1,59-ről 0,35%-ra esett vissza a maximális NPK kezelésben.

- A gyepszéna aminosav hozamát a N-trágyázás átlagosan 3-4-szeresére, a P-trágyázás 2-2,5-szeresére, míg a K-trágyázás 20-30%-kal növelte. A 28 éven át nem

trágyázott abszolút kontroll és a maximális N₃P₃K₃ trágyázási szint között az *ALA* és *TRY* hozama 3-4-szeres, a szénatermés 5-szörös, az egyéb aminosav hozamok átlagosan 8-12-szeres növekedést mutatott. A *HIS* 14, *PRO* 16, *GLY* 18, *CYS* 20-szoros hozamnövekedést ért el a kontrollhoz képest. Az esszenciális aminosavak tömege 774 kg/ha, összes aminosavak tömege 1552 kg/ha, nyersfehérje hozama 1779 kg/ha-t ért el a N₃P₃K₃ ellátottságon.

- Az NxP kölcsönhatások eredményeképpen az *ASP/ALA* aránya az NP-kontrollon mért 1,2-ről 4,7-re, *ARG/TRY* aránya ugyanitt 2,5-ről 6,3-ra, *HIS/TRY* aránya 2,9-ről 9,7-re tárgult az együttes NP-túlsúly nyomán. A trágyázás inbalanszt hozhat létre egyes aminosav-párok között, antagonizmust indukálva. Hasonló viszonyok között a takarmány triptofán kiegészítésre szorulhat az aminosav egyensúly helyreállítása céljából.

Kádár L., Győri Z. (2005): Effect of fertilisation on the aminoacid content and aminoacid yield of all-grass sward in 2001 (Summary)

- The content of GLU, ASP, HIS and ARG increased in the crude protein of the 1st cut hay as a function of N-fertilization up to 12-19%. The same time the content of PRO decreased up to 23%, CYS up to 25%, TRY up to 42% and ALA up to 48% compared to the N-control. The P fertilization raised the concentration of ASP, LEU, GLY, HIS, PHE and CYS, while the content of ALA dropped down to 41% that of P-contol.

- As a function of NxP positive interactions the content of ASP rose from 7.2 to 10.3%, HIS from 3.8 to 5.8%, ARG from 3.2 to 4.2% compared to the NP control, while the content of ALA diminished from 5.8 to 2.2%, TRY from 1.3 to 0.6%. The K fertilization also depressed the TRY synthesis. The N₀P₀K₀ plots showed 1.59% TRY in protein, while the N₃P₃K₃ maximum supply plots only 0.35%.

- The yield of amino acids was enhanced 3-4 times by N fertilization, 2.0-2.5 times by P fertilization and 20-30% by K fertilization. The amino acid yield increased on the N₃P₃K₃ plots, compared to the N₀P₀K₀ plots, in the case of ALA and TRY 3-4 times. Most of the other amino acids yielded 8-12 times more, HIS 14 times, PRO 16 times, GLY 18 times and CYS 20 times more. The maximum yield of essential amino acids made up 774 kg/ha, the total amino acid yield 1552 kg/ha and crude-protein 1779 kg/ha in the 1st cut hay.

- As a result of NxP interactions the ratio of *ASP/ALA* changed from 1.2 to 4.7, that of *ARG/TRY* from 2.5 to 6.3, that of *HIS/TRY* from 2.9 to 9.7 with the increased NP supply. Thus, fertilization can induce an imbalance of amino acids and so change or deteriorate the biological quality of protein. In similar circumstances the forage may require a TRY supplement to restore the imbalance of amino acids.

2. Műtrágyahatások vizsgálata a 2. évben 2002-ben

2.1. A termés és elemtartalom

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A gyepgazdálkodással kapcsolatos szakirodalmat korábban már több síkon értékeltük. A továbbiakban néhány magyar, ill. magyar nyelven megjelent forrás részletesebb bemutatásával (talán önkényesen válogatva) áttekintjük általánosan a gyepgazdálkodás megítélésére, ill. főként a trágyázásra vonatkozó szemléletek alakulását az elmúlt másfél évszázad folyamán. Talán *Korizmicz et al. (1855)* véleményét kell először megemlíteni, aki szerint a hazai legelők elhanyagoltak, a széna elégtelen és a minősége is rossz. Pedig, folytatja, „...a széna úgyszólván a legközönségesebb takarmány, s némileg minden gazdasági vonós állatnak főbb eledele.”

Ditz (1867) a magyar mezőgazdaság helyzetét összevetve Ny-Európa természeti és gazdálkodási viszonyaival arra a következtetésre jut, hogy az Alföld természeti adottságai miatt nem igazán alkalmas a belterjesebb állattenyésztésre. „A fű nemcsak téli, hanem nyári álmát is alussza a magyar szteppén a szárazság miatt. De még inkább rendszertelensége, nagy ingadozása miatt.” A bőség és az éhínség váltakozik, nem ritka a termés és az állatállomány teljes pusztulása aszályos években. A rét-legelőn hiányzik az emberi munka (öntözés, művelés, trágyázás), mely a természeti katasztrófát tompítaná. Az állattenyésztésnek mint önálló ágazatnak két formája terjedt el a világ gazdaságában. A belterjességet Anglia és Hollandia jelenti a tej és vaj termelésével. Piac periferiáin az extenzív hústermelést találjuk. Magyarország túlságosan távol fekszik a nagy európai „világpiactól”. Túlságosan közel azonban ahhoz, hogy pusztán az extenzív legeltetésből megéljen – állapítja meg.

Cserháti és Kosutány (1887) a trágyázás alapelveit taglalva gyepeken főként a komposztot, hígtrágyát, fekáliát javasolják alkalmazni. De nem utasítják el a műtrágyákat: „A réti füvek a nitrogént könnyen oldható állapotban kívánják, a salétrom alakjában nyújtott nitrogént mohón veszik fel és nagy eredménnyel hálálják meg. Azonban a réti széna piaci ára oly alacsony, hogy a terméstelebbel rendszeren nem fedezi a drága nitrogéntrágya költségeit.” Megjegyzik még, hogy „...tőzeget réteken a káli-trágyát kitűnő eredménnyel alkalmazták, ily réteken tehát nálunk is kísérleteket lehetne tenni káli-trágyával.”

Révai Nagy Lexikona (1924) szerint: „Rét vagy kaszáló állandóan fűvet termő telek, melynek lekaszált termése a széna. Rét a birtoknak igen becses része, mert a legalkalmasabb takarmányt a legkevesebb költség mellett szolgáltatja. A nem öntözhető és áradásoknak ki nem tett rétek trágyázásra szorulnak, ami 3-4 évente ismétlődő.” Legjobb az érett istállótrágya, de ebből alig jut a rétre, így marad a komposzt vagy keveréktrágya. Javasolja még a trágyalé, PK-műtrágyák és Thomas-liszt használatát. A savanyú lápi réteket a fahamu, márga, mészpor, iszap javíthatja.

Dresdner (1927) a két háború közötti németországi tapasztalatokat elemzi és veti össze a hazai állapotokkal. A Bajorországból indult zöldmező mozgalom 1919-ben bontott zászlót és hirdette meg célját: „Bőséges legelőket és réteket, sok, jó és

olcsó takarmányt, sok húst a német népnek, tejet a német gyermekeknek, sok és jó minőségű trágyát a német mezőgazdaságnak, hogy többet és jobban termelhesen.”

Dresdner (1927) szerint hamis az az állítás, hogy az ottani eredmények nálunk nem érhetők el, mert„a német klíma” kedvezőbb. Döntő általában nem a klíma, hanem a talaj kultúrállapota, a trágyázás, a fűmag minősége és a szakértelem, tehát a befektetett emberi munka. Szilézia példáján bizonyítja, hogy a természeti körülmények sokban hasonlítanak a hazai viszonyokhoz, viszont a gyepek gondozása eltér és főleg a trágyázásban csúcsosodik ki. „Általánosan elterjedt a komposztok és a műtrágyák használata. ...Ott ég ki a legelő, még Németországban is, ahol nem trágyáznak, ill. a talaj kultúrállapota nincs rendben.”

Ami a klimatikus viszonyokat illeti, a csapadék mennyisége Sziléziában is 500-600 mm közötti. A maximum júliusban, míg nálunk júniusban hullik. A nyár hűvösebb mint nálunk, de szelesebb, száritó. A füvek aktív tenyészideje alatti május-szeptember hónapokra számított bioklimatikus jellemző, azaz 1 °C-ra jutó mm csapadék Sziléziában 3,8, nálunk Ny-Dunántúlon 4,0, Alföldön 3,1. Az ország 23%-án jobb, 8%-án azonos, 69%-án pedig ez a mutató rosszabb mint Sziléziában. Fejér megyére 96 °C hőösszeg/308 mm csapadékösszeg mellett 3,2-es hányadost mutat ki.

Nálunk a nyári hónapokban megnő a hőmérséklet és a csapadék gyakran lecsökken vagy el is maradhat. A °C/mm hányadosa akár 0 is lehet. Sávoly Ferenc, a Kir. Orsz. Meteorológiai Intézet Agrometeorológiai Osztály vezetője által összeállított és *Dresdner* könyvében közölt tanulmány szerint 1876-1926. között az Alföldön, az 51 esztendő alatt, a bioklimatikus érték 1 alá süllyedt májusban 7, júniusban 2, júliusban 9, augusztusban 14, szeptemberben 9 ízben. A 4-5 mm csapadék °C-onként már kockázatmentessé teszi a gyepegzalkodást a forró nyári időszakban is. *Dresdner* kiemeli a kutatás, az oktatás és a szaktanácsadás szerepét a német gyepegzalkodás fejlődésében. Intenzíven folyik a nemesítés, fűmagtermesztés, kísérleti hálózat segíti a meszezési, trágyázási kérdések megoldását. Új gyepegzalkodási tanszékek létesülnek, a szaktanácsadás a termőhely részletes feltárása alapján a gazdáknak részletes útmutatást ad az újratelepítéshez, fűmag-keverék megválasztásához, vízelvezetéshez, talajjavításhoz, a termőhely viszonyaira adaptálva.

Dresdner (1927) javaslatokat fogalmaz meg a hazai szakmai fórumok számára is, aláhúzza hogy a követendő útra a tudományos kísérletek eredményei mutathatnak rá. Közli a talajmintavétel módját, az elvégzendő laboratóriumi vizsgálatok megnevezését és költségeit. Könyvével a zöldmező mozgalmat és az „egy szekér trágya” mozgalmat indítja el: minden gazda a legeltetett állatok száma szerint egy szekér trágyát vitt a legelőre.

Viljamsz (1950) az élő füvek takarmányozási jelentőségét méltatja „.... melyek minden más takarmánynövényt felülmúlnak abban, hogy bennük rendkívül kedvező a N-mentes és a N-tartalmú szerves anyagok aránya és bármilyen mennyiségben kerülnek is az állatok takarmányába, az állatokra nincs káros hatásuk”. A természetes gyepekben akár 90%-ot is képviselhetnek. Leveleiket leszáradva is megőrzik, míg más fajoknál az értékes levél a talajra kerülhet, széna tömegét pedig a szár adja. Másrésről a fűfélék szárának és levelének összetétele élesen nem különbözik, nincs extrémén sok vagy kevés cellulóztartalom bennük.

A szerző szerint a mesterséges állandó rét is előregszik, fokozódó gondoskodást, művelés és trágyázást igényel, termése és a ráfordított munka

hatékonysága csökken. Célszerű összeolvasztani a gyepegzálkodást a szántóföldi növények termesztésével füves vetésforgó keretei között. Az igényes olaj- és rostonövényeknél, kertészeti kultúráknál jelentkezik a talajúntság. Oka részben az, hogy a talajban felszaporodik a káros mikrofauna a talaj hasznos mikroflórájával szemben. Szükségessé válhat a talajsterilizálás, vagy a talajcsere a kertészetekben. Korábban az Európában elterjedt talajégetések is ezt a célt szolgálták. Az élő füvek után néhány évvel a talajúntság megszűnik, a káros mikrofauna eltűnik, helyreállhat a talaj szerkezete. Az aerob mikrofauna nem viseli el a gyepegzálkodás által létrehozott O_2 hiányt és intenzív gyökéraktivitást (Viljamsz 1950).

A *Mezőgazdasági Lexikon* (1958) a rét trágyázása kapcsán az alábbiakat közli: „Szerves trágyák közül legalkalmasabb a komposzt trágya, mert egyenletesen elosztható, aránylag könnyen befogasztható és valamennyi tápanyagot tartalmaz. Használható az egészen érett szarvasmarha-trágya és a trágyalé is. A trágyákat ősszel hordjuk ki és terítjük el, tavasszal a szalmás részeket összegereblyezzük, vagy fogassal összegyűjtjük”. A műtrágyákat fontos kiegészítőnek tekinti, mert nem elég a szerves trágya.

Gruber (1960) szerint a gyökérzet fő tömegét a 5-20 cm-es talajrétegben találjuk, bár némely fűfajok hajszálgyökerei a 160-200 cm mélységben is előfordulhatnak. Megjegyzi, hogy „a műtrágyáktól nem várhatunk tartós hatást.” Azok csupán a szerves trágyák mint az érett istállótrágya és a fekáliakomposzt kiegészítői lehetnek. A magyar termőföldek ugyanis általában gazdagok ásványi anyagokban. Műtrágyák alapvetően a talajélet szabályozását szolgálhatják a tápanyag-egyensúly helyreállításával. Kreybig (1951) álláspontját osztja, mely szerint a foszfor és kálium műtrágyák is csak akkor érvényesülhetnek, ha a talaj N szolgáltatás megfelelő, azaz humuszban gazdag vagy bőségesen istállótrágyázott. Az említett szerzők szemlélete még a műtrágyák szélesebb körű elterjedését megelőző időszak viszonyait tükrözi.

Gruber (1962) kíváncsún tartja, hogy fele-fele részben legyen alfű és szálfű, ill. legalább 20% pillangós. Régi mondás, hogy „a rét a szántó anyja”, hiszen az elvitt termés trágyája a szántót gazdagítja. Az 1 t széna vagy 4 t fű 16-6,5-20=N-P₂O₅-K₂O kg tápelemtartalmat tartalmaz, amit pótolni kell. A szerkezet nélküli homok és szikes talaj igényelheti az istállótrágyát. Másutt ez felesleges lehet, hiszen a gyeptalajában 2-3-szor annyi a szerves anyag, mint a szántón. Célszerű jól szórható fekáliakomposztot alkalmazni, trágyalével vagy húgylével a réteket öntözni. Utóbbiak N és K elemekben gazdagok. Említi még a fektetési trágyázást, amikor a területet a delelő jósággal 1 hétig trágyázza; a kosarazást vagy esztenázást, amikor a juhok az adott parcellán néhány hétig szállásolnak.

Balázs (1961) megállapítja, hogy kulcs a N-ellátás, mert csak így tartható fenn a gyepszint megfelelő C/N aránya. Különböző gyeptalajban felhalmozódó tápanyag C/N arányú gyökértömeg lebomlása lassul, nem áll be az egyensúly. A N hiánya a gyeptalaj degradációját eredményezheti, értéktelenebb fajok elszaporodásával. Hazai adatok szerint a pillangósok aránya a gyepekben általában 10% alatt van, ezért a N csak trágyázással biztosítható. N nélkül mérsékelt 4-5 t/ha körüli szénatermést biztosíthat. Megjegyezzük, hogy Ausztriában a pillangósok N-kötése legfeljebb 7 t/ha körüli szénatermést biztosíthat Schlechner (1972) közlése szerint. Új-Zélandon ugyanakkor akár a 20 t/ha szárazanyag-hozam N igényét biztosíthatják a herefélék (Whitehead 1970).

Antal et al. (1966) a homoki gyepegzálkodást érintve könyvükben aláhúzzák a csapadékhiány, ill. a rossz csapadékeloszlás negatív következményeit. A gyepek

májusban még kielégítő takarmányt szolgáltatnak, majd általában nyárra kiégnek. A sovány csenkeszes növénytársulást tekintik előnyösnek. A zárt állomány termése és minősége trágyázással javítható. Mivel a homoktalajok PK elemekben is szegények, az egyoldalú N-trágyázás nem célravezető. Kíváncsok a teljes NPK műtrágyázás, mely ugrásszerűen növelheti a termést és javítja a herefélék arányát. Főként a szarvaskerep erősödhet meg, mely a legfontosabb pillangósoknak minősülhet homokon.

Vinczeffy (1998) áttekintve lehetőségeinket a legeltetési állattartásban megállapítja, hogy a gyepek gyökérzetének több mint 70%-a a talaj felső 10 cm-ében található irodalmi adatok, főként a hazai vizsgálatok szerint. Ideális, ha a talajvízszint 50-150 cm rétegben van. A fűvek és a pillangósok gyökerei az altalajból is képesek vizet és tápelemeket felvenni. Megfelelő talajon pl. a nádascsenkesz 2 m-re is lehatol hajszálgyökereivel, így érvényesülhet a talajfeltáró, szerkezetjavító hatás a mélyebb rétegekben is.

Vinczeffy (1998) hangsúlyozza, hogy a gyepek víz- és tápelemigénye kifejezett. A csapadék és a hőmérséklet viszonyából számított klímaindex alapján Mezőföldön 737 mm vízigény jelentkezik, mely elvileg 12.5 t/ha szárazanyagot eredményezhet. A vízhiány azonban e körzetben -210 mm körüli átlagosan. A fűkeverék pillangósai mintegy 50-150 kg/ha/év N-t szolgáltathatnak. Meghatározó a N-műtrágya, különösen a pillangós nélküli gyepekben, mely jól hasznosul, ha 1 kg N 22-25 kg szárazanyagot, ill. 3 kg nyersfehérjét termel. Kísérleti eredmények szerint az ősgyep termése felülvetéssel és műtrágyázással megtízszerezhető, a hazai termések 1-40 t/ha sz.a. tartományban ingadozhatnak.

Eredmények

A második termő évben 2002. május 28-án volt az 1. kaszálás. Téli félévben a gyepek $82+43=125$ mm, áprilisban 41, májusban 55 mm, azaz összesen a terület a 8 hónap alatt 221 mm csapadékot kapott. 2002. szeptember 3-án volt a 2. kaszálás. A 3 hónap alatt a sarjűszéna fejlődéséhez mindössze 180 mm állt rendelkezésre. Az átlagos szénahozamokban a vízhiány tükröződött. Különösen a trágyázatlan kontroll parcellák termése esett vissza, és ezzel a kontrollhoz viszonyított relatív vagy %-os trágyahatások megnöttek.

Mivel a K-trágyázás, ill. a talaj K-ellátottsága érdemben nem befolyásolta a 2. éves gyepek szénatermését, adatainkat a meghatározó NxP ellátottsági szintek függvényében közöljük az 1. táblázatban.

Ami a P-hatásokat illeti megállapítható, hogy az 1. kaszálásnál átlagosan 1 t/ha körüli terméstöbbleteket kaptunk a N-nel is kezelt P_1 ellátottsági szinten. A 153 mg/kg AL- P_2O_5 tartalom felett a szénatermések csökkenő tendenciát mutattak. A N nélküli kezelések P-hatásokat nem jeleztek, amennyiben első minimum tényezőt a N-ellátottság képezte. A sarjűszénában viszont már igazolható depressziót okozott a mérsékelt P-trágyázás is a száraz növekedési periódusban. A két kaszálás szénatermése kerekén 1,4-8,0 t/ha, míg a zöld fűtermés 5,0-24,0 t/ha között ingadozott az NxP kölcsönhatások eredményeképpen. Az együttes NK-trágyázás igazolhatóan 34%-ról 32%-ra mérsékelte a fű szárazanyag-tartalmát. A 100 kg/ha/év adagnál 1 kg N-re 129 kg fű vagy 48 kg széna, a 200 kg/ha/év N-adagnál 42 kg fű vagy 11 kg széna, míg a 300 kg/ha/év N-adag esetén 19 kg fű vagy 4 kg széna többlettermés jutott.

| 1. táblázat | NxP ellátottság hatása a 2. éves légszáraz gyepszéna termésére, t/ha | | | | | |
|--|--|------|------|------|--------------------------|--------------|
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| 2002. május 28-án (5) | | | | | | |
| 66 | 1,27 | 4,89 | 5,11 | 5,17 | 0,78 | 4,11 |
| 153 | 1,10 | 5,80 | 6,50 | 6,12 | | 4,88 |
| 333 | 1,02 | 5,52 | 5,54 | 5,97 | | 4,51 |
| 542 | 1,07 | 5,45 | 5,76 | 6,17 | 0,39 | 4,61 |
| Átlag (4) | 1,11 | 5,42 | 5,73 | 5,86 | | 4,53 |
| 2002. szeptember 3-án (6) | | | | | | |
| 66 | 0,39 | 1,17 | 1,73 | 1,92 | 0,15 | 1,30 |
| 153 | 0,35 | 0,71 | 1,72 | 1,88 | | 1,17 |
| 333 | 0,35 | 0,77 | 1,56 | 2,07 | | 1,17 |
| 542 | 0,38 | 0,75 | 1,62 | 1,70 | 0,08 | 1,11 |
| Átlag (4) | 0,37 | 0,85 | 1,66 | 1,89 | | 1,19 |
| Két kaszálás együtt* (7) | | | | | | |
| 66 | 1,66 | 6,07 | 6,84 | 7,09 | 0,85 | 5,41 |
| 153 | 1,45 | 6,51 | 8,22 | 8,00 | | 6,04 |
| 333 | 1,37 | 6,29 | 7,11 | 8,04 | | 5,70 |
| 542 | 1,45 | 6,20 | 7,37 | 7,87 | 0,43 | 5,72 |
| Átlag (4) | 1,48 | 6,27 | 7,38 | 7,75 | | 5,72 |
| 1 kg N-re jutó átlagos többletermés kg-ban (8) | | | | | | |
| Zöld fű (9) | - | 129 | 42 | 19 | 14 | 63 |
| Széna (10) | - | 48 | 11 | 4 | 5 | 21 |

*Míg a széna 1.4-8.0, a zöld fűtermés 5-24 t/ha között ingadozott az NxP ellátottság függvényében. Az NK trágyázás igazolhatóan 34%-ról 32%-ra mérsékelte a fű szárazanyag-tartalmát. Adatok a K-kezelések átlagában közölve

Table 5: Effect of NxP supply levels on the hay yield of grass in the 2nd year in 2002, t/ha. Ammoniumlactate soluble P₂O₅ mg/kg in plow-layer (1), N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), 1st cut on 28th May (5), 2nd cut on 3th September (6), 2 cuts together (8), Surplus hay kg/kg N (8), Fresh herbage (9), Air-dry hay (10) *Note: while the hay gave 1.4 - 8.0 t/ha, the fresh herbage gave 5 - 24 t/ha yields as function of NxP supply levels. The NK fertilization decreased the DM-content of fresh grass from 34% to 32 %. Data given as means of K-treatments.

Döntőnek mindkét kaszálásnál a N-trágyázás bizonyult, mely a N-kontrollhoz viszonyított hozamokat ötszöröseire növelte. Maximális terméseket a 300 kg/ha/év N-adag biztosította, de a 200 kg/ha/év N-adag felett a terméstöbblet a két kaszálás összegét tekintve már nem igazolható, És természetesen nem is tekinthető gazdaságosnak. A három hónapos, viszonylag száraz időszakban fejlődött sarjuszéna tömege mindössze ¼-ét tette ki az anyaszéna mennyiségének.

A gyepszéna elemösszetételének változásáról a 2. táblázat nyújt áttekintést. A N-trágyázással nőtt a N, K, Mg, NO₃-N, Na, Mn és Cu, valamint mérséklődött a S, P, Al, Fe, B és Mo beépülése a szénába. Kiugró változást mutatott a NO₃-N, melynek készlete 7-szeresére emelkedett a N-kontrollhoz viszonyítva. A N-nel nem trágyázott talajon az össz-N mindössze kevesebb mint 8%-át teszi ki a NO₃-N forma, míg a 300 kg/ha/év kezelésben több mint 26%-át, ezzel túllépve a

megengedett 0,25%-os határértéket. A N-túlsúly nyomán csökkent tehát a valódi fehérje aránya is, mely szintén minőségromlásra utal.

Látható, hogy amikor N-nel trágyázunk, a széna ásványi összetevőinek szinte minden eleme módosulást szenved. Az össz-N koncentrációja megkétszereződött, nagyságrenddel nőtt meg a Na mennyisége, 70%-kal emelkedett a Cu, ill. 1/3-ával mérséklődött a Mo tartalma. Drasztikusan eltolódhatnak az egyes elemek egymáshoz viszonyított arányai és optimumai. A Cu/Mo aránya pl. a N-kontroll talajon 6,6; míg a N-túlsúlyoson 16,7 értéket mutat. A P-trágyázás mérsékelt változásokat indukált az összetételben, javult a P, Ca, Mn, Sr, Ba, valamint mérséklődött a S és Mo felvétele. Kiemelkedik a P/Mo arány drasztikus elmozdulása a foszfát-molibdenát anionantagonizmus nyomán, mely a P-kontroll talajon mért 2000 körüli értékről 9000 fölé ugrik (2. táblázat).

2. táblázat Műtrágyázás hatása a légszáras gyepszéna elemösszetételére 2002.05.28

| Elem | Mérték- | NPK ellátottsági szintek (3) | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|-----------------------------|-----------|------------------------------|------|------|------|-------------------|-------|
| Jele (1) | Egység(2) | 0 | 1 | 2 | 3 | (4) | (5) |
| N hatására (PK átlagai) (6) | | | | | | | |
| K | % | 1,97 | 2,01 | 2,10 | 2,22 | 0,23 | 2,07 |
| N | % | 0,80 | 0,87 | 1,33 | 1,59 | 0,09 | 1,15 |
| S | % | 0,28 | 0,18 | 0,21 | 0,21 | 0,02 | 0,22 |
| Mg | % | 0,14 | 0,12 | 0,15 | 0,17 | 0,01 | 0,14 |
| P | % | 0,28 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,02 | 0,20 |
| NO ₃ -N | % | 0,06 | 0,06 | 0,20 | 0,42 | 0,05 | 0,18 |
| Na | mg/kg | 71 | 449 | 715 | 732 | 145 | 492 |
| Al | mg/kg | 123 | 66 | 59 | 65 | 23 | 78 |
| Fe | mg/kg | 143 | 82 | 92 | 97 | 22 | 103 |
| Mn | mg/kg | 82 | 88 | 101 | 104 | 8 | 94 |
| B | mg/kg | 6,35 | 3,92 | 3,90 | 3,75 | 0,37 | 4,48 |
| Cu | mg/kg | 3,16 | 3,19 | 4,64 | 5,34 | 0,64 | 4,08 |
| Mo | mg/kg | 0,48 | 0,38 | 0,37 | 0,32 | 0,08 | 0,39 |
| P hatására (NK átlagai) (7) | | | | | | | |
| S | % | 0,28 | 0,18 | 0,21 | 0,21 | 0,02 | 0,22 |
| P | % | 0,14 | 0,20 | 0,23 | 0,24 | 0,02 | 0,20 |
| Ca | % | 0,37 | 0,40 | 0,41 | 0,43 | 0,04 | 0,40 |
| Mn | mg/kg | 85 | 94 | 96 | 99 | 8 | 94 |
| Sr | mg/kg | 9 | 14 | 31 | 55 | 23 | 27 |
| Ba | mg/kg | 3,50 | 4,58 | 4,70 | 4,55 | 0,53 | 4,33 |
| Mo | mg/kg | 0,67 | 0,32 | 0,30 | 0,26 | 0,08 | 0,39 |
| K hatására (NP átlagai) (8) | | | | | | | |
| K | % | 1,52 | 1,96 | 2,28 | 2,55 | 0,23 | 2,07 |
| Ca | % | 0,43 | 0,41 | 0,39 | 0,38 | 0,04 | 0,40 |
| S | % | 0,25 | 0,22 | 0,29 | 0,21 | 0,02 | 0,22 |
| Mg | % | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,13 | 0,01 | 0,14 |
| Na | mg/kg | 860 | 532 | 317 | 259 | 145 | 492 |
| Ba | mg/kg | 3,49 | 3,91 | 4,34 | 5,58 | 0,53 | 4,33 |
| Mo | mg/kg | 0,63 | 0,40 | 0,27 | 0,25 | 0,08 | 0,39 |

Table 6: Effect of fertilization on the mineral element content of air-dried hay on 28th May 2002. Measured element (1), Measuring units (2), NPK supply levels (3), LSD_{5%} (4), Mean

(5), Effect of N-supply (means of PK treatments) (6), Effect of P-supply (means of NK-treatments) (7), Effect of K-supply (means of NP-treatments) (8).

A növekvő K-kínálattal a széna K és Ba koncentrációi emelkednek. Az antagonista kationok felvétele mint a Ca, Mg és a Na gátlást szenved, ill. mérséklődik a S és kevesebb mint a felére esik vissza a Mo tartalma. Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy mindhárom műtrágya alkalmazásával pl. a S és különösen a Mo felvétele visszaszorult. Az indukált Mo-hiány a takarmány minőségét veszélyeztetheti esetünkben, mely a 1,0 mg/kg körüli trágyázatlan talajon mért értékről 0,1-0,2 mg/kg értékre zuhant a maximális NPK trágyázás nyomán. Ugyanitt a normálisnak tekintett 2-4 ezer körüli P/Mo aránya a 20 ezer fölé emelkedett. Egyéb vizsgált elemek min.-max. értékei az alábbiak adódtak: K 1,3-3,0; N 0,7-1,7; Ca 0,3-0,5; Mg 0,13-0,21; S 0,15-0,32; P 0,10-0,32%. Ugyanitt a Na 50-1400, Mn 60-120, Al 50-120, Fe 70-140, Sr 8-170, Zn 6-40, Ba 3-6, B 3-6, Cu 2,5-5,5; Ni 0,4-1,4.

A 3. táblázatban bemutatjuk az NxK és NxP kölcsönhatásokat, hogy érzékeltesük a változások jellegét, irányát és mértékét néhány ásványi elem tekintetében. Amint megfigyelhető, a K%-át a N-trágyázás K-ban szegényebb talajon mérsékelheti hígulási efféktust okozva, míg a K-ban gazdag parcellákon luxusfelvételhez vezethet. A Na esetében a N-kínálattal nagyságrenddel nőhet, ezzel szemben a növekvő K-kínálattal nagyságrenddel eshet a beépülés, így akár 2 nagyságrendbeli módosulás is előállhat a széna Na-tartalmában. A Mo akkumulációját a K és a N kínálata egyaránt mérsékelte, így koncentrációja alig 1/4-ére zuhant a kontrollhoz viszonyítva.

Az NxP kölcsönhatásokat vizsgálva látható, hogy a P-kínálattal mintegy 50 %-kal nőtt a széna P-tartalma és hasonló mértékben süllyedt a N-trágyázás nyomán. Mindez akár 3-szoros koncentráció-különbséget eredményezhet. Szembetűnő, hogy a P-szegény talajon a széna nem szegényedett el Mo-ban a N-trágyázás hatására. Ellenkezőleg, igazolhatóan dúsult. Sőt, a növekvő P-ellátottsággal sem csökkent a Mo koncentrációja, amennyiben a N hiánya limitálta a termésképzést. A P-Mo antagonizmus tehát csak a N-nel kezelt parcellákon figyelhető meg. A P/Mo aránya az NP-kontroll talajon 6 ezer körüli, a P-szegény de N-nel kezelt 1-2 ezer közötti, míg a bőséges és együttes NP kínálatnál 10-15 ezer közötti (3. táblázat).

Amennyiben a 2. kaszálást adó sarjűszéna elemtartalmát vizsgáljuk szembetűnő, hogy az 1. kaszálású anyaszénához viszonyítva elemkészlete nagyobb, összetételében gazdagabb. A legtöbb elemnél a dúsulás 30-50%-ra becsülhető. Az átlagos N-tartalom viszont ezt meghaladóan kétszeres, míg az Al, Fe és Mo több mint kétszeres koncentrációval jellemezhető. A száraz időszakban létrejött kis termés elemigényét a talaj jobban/bőségesebben fedezni tudta, ill. a töményedési effektus működött a felvételben. Ez alól egyetlen kivétel akad: a NO₃-N átlagos mennyisége 1/3-ával kisebb a sarjűban. A 300 kg/ha/év kezelés azonban itt is a megengedettnél nagyobb; 0,30% NO₃-N tartalmat eredményezett (4. táblázat).

Ami a trágyahatásokat illeti, lényegében az 1. kaszálásnál megfigyeltek a mérvadók. A N-kínálattal nő a N, K, NO₃-N, Na, Ba és Cu beépülése, míg a S, P, Al, Fe és B koncentrációja mérséklődik. A Mo viszont igazolható változást nem jelez. A P-trágyázott talajon emelkedett a P, S, Mn, Sr és Ba koncentrációja a szénában, valamint 1/3-ával csökkent a Mo készlete. A hatásokat az anyaszénában

tapasztaltakkal összevetve annyi a változás, hogy a S akkumulációját a P-kínálat nem csökkentette, hanem növelte, ezzel a kívánatos 1,0 körüli P/S arányt beállítva (4. táblázat).

3. táblázat NxK (P átlagai) és NxP (K átlagai) kölcsönhatások a gyepszéna elemtartalmában 2002. 05. 28-án

| AL-K ₂ O mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---|-----------------------------|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K % | | | | | | |
| 135 | 1,91 | 1,45 | 1,28 | 1,44 | 0,46 | 1,52 |
| 193 | 1,97 | 1,97 | 2,02 | 1,88 | | 1,96 |
| 279 | 1,98 | 2,21 | 2,43 | 2,48 | | 2,28 |
| 390 | 2,03 | 2,40 | 2,68 | 3,07 | | 2,55 |
| Na mg/kg | | | | | | |
| 135 | 104 | 778 | 1211 | 1345 | 290 | 860 |
| 193 | 72 | 526 | 756 | 773 | | 532 |
| 279 | 57 | 257 | 471 | 482 | | 317 |
| 390 | 51 | 235 | 421 | 329 | | 259 |
| Mo mg/kg | | | | | | |
| 135 | 0,70 | 0,68 | 0,55 | 0,59 | 0,16 | 0,63 |
| 193 | 0,53 | 0,38 | 0,38 | 0,32 | | 0,40 |
| 279 | 0,34 | 0,25 | 0,31 | 0,19 | | 0,27 |
| 390 | 0,36 | 0,22 | 0,25 | 0,16 | | 0,25 |
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (5) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| P % | | | | | | |
| 66 | 0,22 | 0,12 | 0,11 | 0,13 | 0,04 | 0,14 |
| 153 | 0,27 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | | 0,20 |
| 333 | 0,33 | 0,19 | 0,20 | 0,20 | | 0,23 |
| 542 | 0,32 | 0,20 | 0,21 | 0,23 | | 0,24 |
| Mo mg/kg | | | | | | |
| 66 | 0,37 | 0,80 | 0,89 | 0,61 | 0,16 | 0,67 |
| 153 | 0,49 | 0,29 | 0,26 | 0,26 | | 0,32 |
| 333 | 0,54 | 0,23 | 0,22 | 0,22 | | 0,30 |
| 542 | 0,53 | 0,21 | 0,12 | 0,17 | | 0,26 |
| P/Mo arány x 10 ³ (6) | | | | | | |
| 66 | 5,9 | 1,5 | 1,2 | 2,1 | 2,4 | 2,7 |
| 153 | 5,6 | 5,5 | 6,9 | 7,7 | | 6,4 |
| 333 | 6,1 | 8,3 | 9,1 | 9,1 | | 8,2 |
| 542 | 6,0 | 9,5 | 17,5 | 13,5 | | 11,6 |

Mért min.-max. értékek: K 1,3-3,0; N 0,7- 1,7; Ca 0,3-0,5; Mg 0,13-0,21; S 0,15-0,32; P 0,10-0,32%; Na 50-1400, Mn 60-120, Al 50-120, Fe 70-140, Sr 8-170, Zn 6-40, Ba és B 3-6, Cu 2,5-5,5; Ni 0,4-1,4; Mo 0,1-1,0 mg/kg.

Table 7: Effect of NxK (means of P treatments) and NxP (means of K treatments) supply levels on the element content of hay on 28th May 2002. Ammoniumlactate-soluble K₂O in plough-layer (1), N-fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ in plough-layer (5), P/Mo ratio x 1000 (6). Note: Measured minima-maxima contents: K 1.3-3.0, N 0.7- 1.7, Ca 0.3-0.5, Mg 0.13-0.21, S 0.15-0.32, P 0.10-0.32%; Na 50-1400, Mn 60-120, Al 50-120, Fe 70-140, Sr 8-170, Zn 6-40, Ba és B 3-6, Cu 2.5-5.5, Ni 0.4-1.4, Mo 0.1-1.0 mg/kg air-dried hay.

A talaj K-kínálatával a termés tömege érdemben nem változott, de a széna összetételében egy sor elem koncentrációja módosult. A K%-a csaknem kétszeresére nőtt a K-kontrollhoz viszonyítva. Ezzel együtt az antagonista kationok mint a Ca, Mg, Na, Sr és a B felvétele gátlást szenvedett. Igazolhatóan javult viszont a Ba, Cu és Mo felvétele. A sarjúszéna nem jelezte azt az extrém elszegényedést Mo-ban, amit az anyaszénában láttunk. A N-kínálat nem befolyásolta, a K-trágyázás pedig jelentősen növelte a beépülését, ellensúlyozva a foszfát-molibdenát antagonizmust. Megemlítjük, hogy a kezelésektől függetlenül a Ni 1.0 mg/kg körül, míg az As, Hg, Cd, Co, Pb és Se 0,1 mg/kg méréshatár körül vagy alatt maradt (4. táblázat).

4. táblázat Műtrágyázás hatása a légszáraz gypszéna elemtartalmára, 2002.09.03.

| 4. táblázat: Nitrát-nitrogén hatása a legszárazabb talajviszonyok között az élelmezési célú növények talajában, 2002-03-05. | | | | | | | |
|---|-----------------------|------------------------------|------|------|------|--------------------------|--------------|
| Elem Jele (1) | Mérték- Egység (2) | NPK-ellátottsági szintek (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | | |
| N hatására (PK átlagai) (6) | | | | | | | |
| K | % | 2,69 | 2,86 | 2,97 | 3,03 | 0,26 | 2,89 |
| N | % | 1,87 | 1,90 | 2,54 | 2,92 | 0,12 | 2,31 |
| S | % | 0,43 | 0,40 | 0,32 | 0,31 | 0,03 | 0,36 |
| P | % | 0,42 | 0,38 | 0,29 | 0,28 | 0,02 | 0,34 |
| NO ₃ -N | % | 0,04 | 0,04 | 0,12 | 0,30 | 0,03 | 0,12 |
| Na | mg/kg | 169 | 464 | 1252 | 1235 | 332 | 780 |
| Al | mg/kg | 285 | 198 | 152 | 114 | 65 | 187 |
| Fe | mg/kg | 333 | 232 | 228 | 180 | 69 | 243 |
| Ba | mg/kg | 5,4 | 5,4 | 6,9 | 6,7 | 0,5 | 6,1 |
| B | mg/kg | 6,7 | 6,4 | 5,8 | 5,4 | 0,6 | 6,1 |
| Cu | mg/kg | 6,6 | 6,5 | 7,9 | 9,5 | 1,1 | 7,6 |
| P hatására (NK átlagai) (7) | | | | | | | |
| S | % | 0,31 | 0,37 | 0,38 | 0,39 | 0,03 | 0,36 |
| P | % | 0,25 | 0,35 | 0,38 | 0,40 | 0,02 | 0,34 |
| Mn | mg/kg | 154 | 174 | 165 | 173 | 11 | 167 |
| Sr | mg/kg | 17 | 20 | 24 | 30 | 2 | 23 |
| Zn | mg/kg | 15 | 11 | 11 | 11 | 2 | 12 |
| Ba | mg/kg | 5,4 | 6,0 | 6,3 | 6,8 | 0,5 | 6,1 |
| Mo | mg/kg | 1,5 | 0,8 | 1,0 | 1,0 | 0,2 | 1,1 |
| K hatására (NP átlagai) (8) | | | | | | | |
| K | % | 1,87 | 2,82 | 3,30 | 3,56 | 0,26 | 2,89 |
| Ca | % | 0,74 | 0,69 | 0,65 | 0,61 | 0,06 | 0,67 |
| Mg | % | 0,36 | 0,34 | 0,30 | 0,29 | 0,03 | 0,32 |
| Na | mg/kg | 1656 | 796 | 370 | 299 | 332 | 780 |
| Sr | mg/kg | 25 | 24 | 22 | 21 | 2 | 23 |
| Ba | mg/kg | 5,5 | 5,8 | 6,1 | 7,1 | 0,5 | 6,1 |
| B | mg/kg | 6,5 | 6,2 | 5,8 | 5,9 | 0,6 | 6,1 |
| Cu | mg/kg | 6,2 | 7,5 | 8,1 | 8,7 | 1,1 | 7,6 |
| Mo | mg/kg | 0,7 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 0,2 | 1,1 |

A Ni átlagosan 1,0; az As, Hg, Cd, Co, Cr, Pb, Se 0,1 mg/kg méréshatár körül vagy alatt.

Table 8: Effect of fertilization on the mineral element content of hay on 9th September 2002.

Measured element (1), Measuring unit (2), NPK-supply levels (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Effect of N-supply (means of PK treatments) (6), Effect of P-supply (means of NK treatments) (7), Effect of K-supply (means of NP treatments) (8). Note: Ni content about 1.0 mg/kg, while As, Hg, Cd, Co, Cr, Pb, and Se around detection limit 0.1 mg/kg.

5. táblázat Az NxK (P átlagai) és NxP (K átlagai) kölcsönhatások a gyepszéna elemtartalmában 2002. 09. 03-án

1. táblázat: A kísérlet eredményeinek összefoglalása a 2002. évi kísérlet alapján

| AL-K ₂ O mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---|-----------------------------|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K % | | | | | | |
| 135 | 2,20 | 1,97 | 1,64 | 1,67 | 0,52 | 1,87 |
| 193 | 2,81 | 2,90 | 2,73 | 2,83 | | 2,82 |
| 279 | 2,76 | 3,21 | 3,60 | 3,64 | | 3,30 |
| 390 | 2,99 | 3,35 | 3,92 | 3,99 | | 3,56 |
| Na mg/kg | | | | | | |
| 135 | 252 | 1120 | 2746 | 2504 | 664 | 1656 |
| 193 | 148 | 400 | 1168 | 1468 | | 796 |
| 279 | 166 | 195 | 550 | 568 | | 370 |
| 390 | 109 | 142 | 544 | 403 | | 299 |
| Mo mg/kg | | | | | | |
| 135 | 0,62 | 0,96 | 0,48 | 0,74 | 0,28 | 0,70 |
| 193 | 1,06 | 1,34 | 0,97 | 0,96 | | 1,08 |
| 279 | 1,09 | 1,49 | 1,24 | 0,99 | | 1,20 |
| 390 | 1,22 | 1,42 | 1,27 | 1,01 | | 1,23 |
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (5) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| P % | | | | | | |
| 66 | 0,34 | 0,23 | 0,22 | 0,22 | 00,4 | 0,25 |
| 153 | 0,45 | 0,35 | 0,30 | 0,28 | | 0,35 |
| 333 | 0,44 | 0,45 | 0,33 | 0,29 | | 0,38 |
| 542 | 0,42 | 0,51 | 0,32 | 0,32 | | 0,40 |
| Mo mg/kg | | | | | | |
| 66 | 0,82 | 1,97 | 1,72 | 1,40 | 0,28 | 1,48 |
| 153 | 0,92 | 0,96 | 0,61 | 0,66 | | 0,79 |
| 333 | 1,18 | 1,04 | 0,85 | 0,79 | | 0,96 |
| 542 | 1,07 | 1,24 | 0,78 | 0,85 | | 0,98 |
| P/Mo arány x 10 ³ (6) | | | | | | |
| 66 | 4,2 | 1,2 | 1,3 | 1,6 | 1,5 | 2,0 |
| 153 | 4,9 | 3,6 | 4,9 | 4,2 | | 4,4 |
| 333 | 3,7 | 4,3 | 3,9 | 3,7 | | 3,9 |
| 542 | 3,9 | 4,1 | 4,1 | 3,8 | | 4,0 |

Table 9: Effect of NxK (means of P treatments) and NxP (means of K treatments) supply levels on the element content of hay on 9th September 2002. Ammoniumlactate-soluble K₂O in plough-layer (1), N-fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ in plough-layer (5), P/Mo ratio x 1000 (6).

Az NxK kölcsönhatásokat elemezve itt is megfigyelhető az anyaszénához hasonlóan, hogy a N-trágyázás hígulást eredményez a K-tartalomban K-szegény talajon, míg luxusfelvételt indukál a K-ban gazdagon, elérve a 4% K-tartalmat. A Na-koncentrációban 25-szörös változást okoz az ellentétes irányú, de hasonló erejű befolyás, amelyet az antagonista K és a szinergista N túlsúlya vált ki. A Mo-

tartalom módosulásában meghatározó a K-kínálat felvételt serkentő hatása (5. táblázat).

Az NxP kétirányú táblázat adatai szerint a N-trágyázás által okozott hígulást a talaj növekvő P-kínálata lényegében ellensúlyozhatja a széna P-készletét tekintve. A N-kínálattal határozottan nőtt a Mo mennyisége a szénában P-szegény talajon és a P-túlsúly nyomán előálló gátlás is csak kevésbé volt kifejezett, eltérően az 1. kaszálásnál megfigyeltektől. A N-kontroll kezelésben a P-Mo antagonizmus nem is lépett fel. A P/Mo aránya is kevésbé módosult: a N-nel trágyázott P-szegény talajon 1,2-1,6 ezerre szűkült, míg a N-nel és P-ral jól ellátott kezelésekben a kontrollhoz közelálló 4 ezer körüli optimális tartományban maradt (5. táblázat).

Összefoglalás

- A két kaszálás szénatermése kereken 1,4-8,0 t/ha, míg a zöld fűtermés 5,0-24,0 t/ha között változott az NxP kölcsönhatások eredményeképpen. Döntőnek a N-trágyázás bizonyult, mely a szénaterméseket megötszörözte. A P-hatások csak az 1. kaszálásban tükröződtek, míg a K-ellátás a termés tömegét érdemben nem befolyásolta.

- A 100 kg/ha/év N-adagnál 1 kg N-re 129 kg fű vagy 48 kg széna, a 200 kg/ha/év adagnál 42 kg fű vagy 11 kg széna, míg a 300 kg/ha/év adagnál 19 kg fű vagy 4 kg széna többlettermés jutott. Maximális N-kínálattal a széna $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete a megengedett 0,25% fölé emelkedett és az össz-N 26%-át már ez a forma tette ki az 1. kaszálás idején. Szaktanácsadási szempontból a termőhelyen a 130-150 mg/kg ammoniumlaktát (AL) oldható P_2O_5 és K_2O készlete tekinthető kívánatosnak a szántott rétegben 200 kg/ha/év átlagos N-kiegészítéssel.

- A N-trágyázással nőtt a N, K, Mg, $\text{NO}_3\text{-N}$, Na, Mn és Cu, valamint mérséklődött a S, P, Al, Fe, B és Mo beépülése az anyaszénába. A talaj növekvő P-ellátottsága serkentette a P, Ca, Mn, Sr és Ba, illetve mérsékelte a S és Mo felvételét. A K-kínálattal emelkedett a K és Ba, míg gátlást szenvedett az antagonista kationok (Ca, Mg, Na), és Mo beépülése.

- Az indukált Mo-hiány a takarmány minőségét veszélyeztetheti, mely a trágyázatlan talajon mért 1,0 mg/kg értékről 0,1-0,2 mg/kg értékre zuhant a maximális NPK trágyázás nyomán. Ugyanitt a normálisnak tekintett 2-4 ezer körüli P/Mo aránya 20 ezer fölé emelkedett. A 2. kaszálásnál az indukált Mo-hiány jelensége visszaszorult. Kifejezetté vált viszont a P-Zn antagonizmus, illetve az indukált Zn-hiány. A P-kontroll talajon a sarjúszéna 15 mg/kg, a P-túlsúlyoson 10 mg/kg Zn koncentrációt mutatott. Ugyanitt a P/Zn aránya a még elfogadható 167-ről 364-re tágult.

- A 2. kaszálásból származó sarjúszéna kicsi termése ásványi elemekben gazdagabb mint az anyaszéna nagy termése. A legtöbb elembe a dúsulás 30-50%-ra tehető. Az átlagos N-készlet viszont ezt meghaladóan kétszeres, míg az Al, Fe és Mo tartalom több mint kétszeres akkumulációt jelzett. Kiugró, 25-szörös változást mutatott a Na-koncentrációja a szénában az NxK kölcsönhatások eredményeképpen, az antagonista K és a szinergista N befolyása alatt.

Kádár I (2006): Effect of fertilisation on the yield and element content of all-grass sward in 2002 (Summary)

- As a function of NxP fertilization the two cuts of the hay yield made up 1.4 – 8.0 t/ha while the green herbage 5.0 – 24.0 t/ha. The N-fertilization was of vital importance, which increased the hay mass 5 times. The P-response was moderate in the 1st cut while there were no K-responses at all on this soil with 135 mg/kg ammoniumlactate (AL) soluble K₂O values in plough layer.
- On those plots well supplied with PK the 100 kg/ha/yr N-treatment gave a total of 48 kg surplus hay/kg N applied. The 200 kg/ha/yr N-treatment yielded 11 kg, while the 300 kg/ha/yr N-treatment yielded 4 kg surplus hay/kg N applied. The NO₃-N content of the 1st cut hay increased over permitted 0.25% level when using the maximum N-rate and made up this NO₃-N form 26% of the total-N pool. The optimum PK-supplies in this site seems to be about 130-150 mg/kg AL-P₂O₅ and AL-K₂O in plow layer with 200 kg/ha/yr N applied.
- N-fertilization enhanced the content of N, K, Mg, Na, Mn, Cu and NO₃-N, while the concentration of S, P, Al, Fe, B and Mo dropped in the primary hay. The increasing P-supply stimulated the uptake of P, Ca, Mn, Sr and Ba, while hindered the uptake of S and Mo. The K-fertilization rose the content of K and Ba and diminished the concentration of Mo and the antagonistic metal cations like Ca, Mg and Na.
- The NPK fertilization-induced Mo-deficiency can first of all jeopardized the fodder quality in this site. On the unfertilized plots the hay showed around 1.0 mg Mo /kg D.M., while on the N₃P₃K₃ plots 0.1-0.2 mg/kg D.M. The P/Mo ratio lifted from 2 – 4 thousand up to 20 thousand. In the 2nd cut this phenomena partly disappeared, while developed the P-Zn antagonism. On P-control plots measured 15 mg/kg Zn dropped to 10 mg/kg while the P/Zn ratio rose from 167 up to 364.
- The 2nd cut hay had a little yield, yet was rich in minerals having 30-50% higher average element content compared with the primary hay. However the N, Al, Fe and Mo showed 2-times higher concentrations in the 2nd cut hay. There were found extra large, 25-fold differences in hay Na content as a function of NxK supply levels under synergetic effect of N and antagonistic effect of K treatment.
- Summarizing the above we can state that the long-term fertilization may drastically change the content and ratios of elements built in hay through synergetic or antagonistic effects. In the air-dried 1st cut hay for example, the minima-maxima concentrations of measured elements varied as follows: N 0.7-3.0%, K 1.3-3.0%, Ca 0.3-0.5%, Mg 0.13-0.21%, S 0.15-0.32%, P 0.10-0.32%; Na 50-1400, Mn 60-120, Al 50-120, Fe 70-140, Sr 8-170, Zn 6-40, Ba and B 3-6, Cu 2.5-5.5, Ni 0.4-1.4, Mo 0.1-1.0 mg/kg.

2.2. Műtrágyázás hatása az elemfelvételére

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A takarmányozástannal foglalkozó tudományág fejlődését érintve korábban utaltunk a Liebig-féle tápanyagfunkciókra, az általa kidolgozott tudományos alapokra (Kádár és Győri 2005.). Liebig (1840, 1842) könyvei szinte egyidejűleg jelentek meg német, francia és angol nyelven és heves reakciókat váltottak ki szakmai körökben. Két ellenséges tábor alakult ki. Tanítványai és ellenfelei álláspontjukat alátámasztandó egyaránt széleskörű kísérletezésbe kezdtek.

Az első kísérleti állomást 1851-ben ellenfelei hozták létre a Lipcse melletti Möckernben. Vezetőjük rövidesen Emil Wolff lett. Nobbe szerint (cit. in: Deller 1988) alig 15 évvel később már 21 kísérleti állomás működött Németországban. A kísérletek eredményeit rendszeresen és intézményesen megvitatták. A véleménycserét szolgálta az 1858-ban alapított „Die landwirtschaftliche Versuchstationen” c. folyóirat, valamint az évente tartott vándorgyűlések. Az első vándorgyűlést 1863-ban szervezték Lipcsében. Mindez segítette az egységes fogalmak, közös szaknyelv, kísérleti és vizsgálati módszertan kialakulását. Wolff (1864) összeállította a talajvizsgálatok módszereit, azon kémiai és fizikai laboratóriumi eljárásokat, melyek megalapozták a tudományos talajelemzéseket. A lényegében ma is használatos továbbfejlesztett módszereket később Wahnschaffe (1903) ismertette. Az 1880-as évek végén mintegy 100 kísérleti állomás létesült Európa-szerte.

A mezőgazdasági kémia ekkor még egységes, magában foglalja a talajkémiai ismereteken kívül a trágyázástani (növény táplálási), valamint a takarmányozástani (állat-élettani), sőt az élelmiszerkémiai ismereteket is. Jeles képviselői minden ágát továbbfejlesztették mint Németországban Liebig és Wolff, vagy itthon időben kissé megkésve Kosutány Tamás és 'Sigmond Elek. 'Sigmond (1904) Mezőgazdasági Chemia c. könyve összefoglalta az akkori ismereteket a talajtan, az agrokémia, a takarmányozástan és az élelmiszerkémia területén egyaránt.

Wolff mint a Hohenheimi Akadémia tanára 1868-ban megírja a Gyakorlati Trágyázástan c. könyvét. A munkát 1870-ben, 1871-ben és 1872-ben újra kiadják. A 4. átdolgozott kiadás mellékletében 150 növényi anyag és 17 állati termék, 24 szerves trágya-féleség, 52 trágyaszor/hulladékanyag és 38 élelmiszeripari melléktermék, azaz összesen 281 anyagminta összetételét közli mintegy 10 vizsgált tulajdonságra: víz, hamu, szervesanyag, fontosabb ásványi elemek. Az analízis kiterjed a nitrogén, kálium, nátrium, kalcium, magnézium, foszfor, kén, szilícium és klór ásványi összetevőkre (Wolff 1872). Még ugyanebben az évben megjelenteti „A mezőgazdasági haszonállatok takarmányozástana és takarmánytana” c. könyvet is.

Wolff alapvetően a takarmányok összetételére fordította figyelmét, nem az emésztés és az anyagcsere élettani lefolyására. Utóbbi Hennebergnek sikerült, akit sokan a tudományos takarmányozástan megalapítójának tekintenek. Henneberg 1846-1848. között Giessenben tanult Liebig laboratóriumában, a tyúkvér ásványi összetevőiről publikált. Később Braunschweigben, majd Cellében dolgozik, ahol Thier is tevékenykedett. Liebig és Wöhler támogatásával és a Hannoveri Királyi

Mezőgazdasági Társaság megbízásából 1857-ben megalapítja a Göttingen melletti Weende-ben a mezőgazdasági Kísérleti Intézetet (Brune 1992, Günter 1992).

Mint ismeretes Liebig a Giessen-i garnizon 856 katonájának tápanyagfelvételét és ürítését vizsgálta egy hónapon át, egyébként kísérleteket nem végzett, Henneberg viszont a kísérleteknek szenteli életét. Főként a kérődzőkkel foglalkozik. Sokan a haszonállatokkal foglalkozó kísérletes táplálkozásélettan megalapítójának tekintik. Stohmannal kidolgozza a takarmányvizsgálati módszereket. Bevezeti az emészthető tápanyag fogalmát, átfogó anyagforgalmi vizsgálatokat végez és tápanyagmérlegeket állít fel. A teljesebb körű mérlegek igényelték a gázvizsgálatokat is a takarmány, a szilárd ürülék és a vizelet mellett (Glas 1992, Howe 1992).

Liebig támogatásával Pettenkoffer fejleszti ki a „légzésmérő készüléket”, a Respirationsapparat-ot a Müncheneri Élettani Intézetben. Henneberg beszerzi egy példányát és 1860-ban már közli is első kísérleti eredményeit a takarmányok hasznosulásáról, a húsképződésről, a tápanyagok emészthetőségéről és a nyersrost sorsáról a kérődzőknél. Bevezeti a nyersfehérje, nyersrost, nyerszsír, nyershamu, a N-mentes kivonható anyagok fogalmát. Közli a javasolt analitikai módszereket, melyek mint „Weendei” módszerek a takarmány- és tápanyagvizsgálatoknál az egész világon napjainkig használatosak. Ezzel az eltérő helyen, de ismert összetételű anyagokkal végzett takarmányozási kísérletek eredményei összevethetőkké, tudományos igénnyel értékelhetőkké váltak (Brune 1992, Günter 1992).

Wilhelm Henneberg nevét a nagyállatokkal végzett gázcsere kísérletek ismertté tették, melyek a tápanyagok energetikai értékeléséhez vezettek. A munkát később Otto Kellner fejlesztette tovább. Megemlíthető a „keményítőérték” fogalma is, mely nemzetközileg szintén elterjedt. Ma már nem használatos, de az újabb energiaértékelési rendszerek továbbra is az emészthető nyerstápanyagok tartalmára épülnek. Az elmúlt 150 év alatt a tudományos igényű növénytáplálás és takarmányozás tápanyagbőséget teremtett a modern társadalmakban. A húsfogyasztás hagyományosan státusszimbólum volt. Ma már nem az, elérhető a fejlett országokban. Az egy főre jutó fogyasztás Németországban 1816-ban 14 kg, 1907-ben 46 kg, 1971-ben 72 kg volt.

Ma társadalmi/politikai nyomás nehezedik a gazdákra, hogy extenzív termelésre térjenek át. Az intenzíven trágyázott gyepeken, az intenzíven hasznosított réteken és legelőkön nő a talajtömörödöttség, a talaj és a talajvíz terhelése, csökken a fajgazdagság, növénytársulások tűnhetnek el. Egyes vélemények szerint a természetes fajgazdag rétek és legelők szénája egészségesebb, sőt gyógyhatású az állatok számára. Mások szerint viszont az ilyen széna csak a nyersrost-igényt elégítheti ki, ill. inkább alomra való. A természetvédők kevés vagy semmi trágyát javasolnak késői 1. kaszálással. Kérdés, hogyan lehet az ilyen gyepeket modern mezőgazdasági üzembe integrálni?

A probléma tanulmányozása céljából kutatások indultak Svájcban még az 1986-1988-as években. Azonosították a fajgazdag réttípusokat, 280 termésfelvételezést, 309 minőségvizsgálatot és 41 emészthetőségi vizsgálatot végeztek juhokkal. Vizsgálatok eredményei szerint fajgazdagság valóban csak ott fordul elő, ahol extenzív a gazdálkodás, késői az 1. kaszálás és kevés vagy semmi trágyát nem használnak. A talajváltózat ebbeni direkt hatása csekély, a tengerszint

feletti magasság sem befolyásoló tényező. Ilyen extenzív viszonyok között 50-60 faj is, köztük ritka orchideák, azonosíthatók egy termőhelyen. Növények a feltalajt sűrűbben átszövik és nyáron sem sülnék ki (*Schüpbach 1990*).

A botanikai felvételezések szerint az állomány 50-80%-át fűvek, 20-40%-át gyomok alkotják. A pillangós faj kevés, vagy ritkán fordul elő. A fűvek virágzása után kaszált szénában minden réttípusnál mérsékelt a nyersfehérje tartalom, a minták $\frac{3}{4}$ -ében 100 g/kg szárazanyag alatt. A nyersrost mennyisége viszont sok és erősen ingadozik 250-400 g/kg tartományban. A széna foszforban is szegény 0,11-0,17% P-tartalommal, ami fele az intenzíven művelt réti széna P-készletének. Egyéb ásványi elemekben nem volt érdemi eltérés a trágyázott rétekhez viszonyítva. A sok lignin, ill. nehezen emészthető cellulóz miatt a széna emészthetősége 70% alatt maradt. Ez a rossz minőség azonban stabil, kevésbé idő- vagy időjárásfüggő – állapítja meg a szerző.

Juhokkal takarmányozva 3,7-5,4 MJ NEL energiát mértek. Összefoglalóan arra a következtetésre jutottak, hogy a természetes vagy extenzív gyepegyes minőségű takarmányt szolgáltat, rossz emészthetőséggel párosulva. A tehén számára tehát extrém kicsi tejtermelő potenciált jelenthet. A „gyógyhatást” sem pozitív, sem negatív jelleggel nem lehetett igazolni. Elvileg sem könnyű azonban az egészségre, termékenységre vagy az élethosszra vonatkozó hatásokat ilyen rövid távú vizsgálatokkal bizonyítani – jegyzi meg *Schüpbach (1990)*.

Elvileg a gyepegyes minőségű széna negatív hatása erőtakarmány-kiegészítéssel ellensúlyozható. Hosszú távra mindez persze nemkívánatos következményekkel járhat üzemgazdasági és élettani/anyagforgalmi szempontból egyaránt. Extenzív gazdálkodásban a növényi kínálat adott, ehhez kell megfelelő haszonállatot találni. A tejtermelés kizárható. Megfelelhet a külterjes szarvasmarhatartás extenzív legeltetéssel, szénahasznosítás lovakkal. Üzemi takarmánytermesztés mellett energiamankót jelenthet a silókukorica, takarmányrépa stb.

Eredmények

Növényvizsgálataink 24 elemre terjedtek ki egyaránt érintve az ismertebb és fontosabb esszenciális makro- és mikroelemeket, valamint a környezeti szempontból mérvadó nehézfémeket is. A 2002. évi anyaszéna elemfelvételét az NPK ellátottsági szintek függvényében az *1. táblázat* foglalja össze. A vizsgált 24 elemről 7 elem (As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se) koncentrációja általában mérés határ alatt maradt, így a növénybe épült mennyiségük nem érte el az 1 g/ha értéket. A táblázatban feltüntetett elemek csökkenő sorrendben átlagos tömegük alapján. Az adatokat a két nem vizsgált tényező átlagaiban közöljük, tehát 32-32 parcella átlagait reprezentálják.

Látható, hogy maximális felvétellel a K jellemezhető, ezt követi a N, Ca, S, P, Mg és Na a makroelemek tekintetében. Mivel a N-trágyázással a szénatermés ötszöröződött, a szénába épült elemek tömege a többszörösére emelkedett. A N esetében a kontrollhoz viszonyított felvétel nagyságrenddel nőtt, a Cu-felvétel is közel 8-szorosára, míg a Na több mint 40-szeresére. A N-kínálattal ugyanis nemcsak a széna tömege, hanem ezen elemek akkumulációja is drasztikusan javult a szénában. Ezzel szemben a Fe, Al, B és Mo elemek felvétele elmaradt az átlagtól, amennyiben a javuló N-kínálattal koncentráció-csökkenés járt együtt.

1. táblázat NPK ellátottsági szintek hatása a gyepszéna elemfelvételére, 2002.05.28.

| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | NPK ellátottsági szintek (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|-----------------------------|------------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | | |
| N hatására (PK átlagai) (6) | | | | | | | |
| K | kg/ha | 22 | 109 | 121 | 132 | 19 | 96 |
| N | kg/ha | 9 | 47 | 76 | 93 | 8 | 56 |
| Ca | kg/ha | 5 | 20 | 22 | 24 | 2 | 18 |
| S | kg/ha | 3 | 10 | 12 | 12 | 1 | 9 |
| P | kg/ha | 3 | 9 | 10 | 11 | 1 | 8 |
| Mg | kg/ha | 2 | 7 | 8 | 10 | 1 | 7 |
| Na | kg/ha | 0,1 | 2,4 | 4,0 | 4,2 | 0,8 | 2,7 |
| Mn | g/ha | 90 | 474 | 580 | 613 | 60 | 440 |
| Fe | g/ha | 159 | 445 | 530 | 567 | 76 | 425 |
| Al | g/ha | 137 | 364 | 340 | 379 | 76 | 305 |
| Sr | g/ha | 29 | 131 | 159 | 198 | 70 | 129 |
| Zn | g/ha | 13 | 52 | 64 | 66 | 29 | 49 |
| Ba | g/ha | 5 | 21 | 26 | 26 | 4 | 20 |
| Cu | g/ha | 4 | 17 | 26 | 31 | 4 | 20 |
| B | g/ha | 7 | 21 | 22 | 22 | 2 | 18 |
| Ni | g/ha | 1,1 | 4,4 | 4,3 | 5,0 | 1,2 | 3,7 |
| Mo | g/ha | 0,5 | 2,0 | 2,0 | 1,7 | 0,5 | 1,6 |
| P hatására (NK átlagai) (7) | | | | | | | |
| Ca | kg/ha | 15 | 19 | 19 | 18 | 2 | 18 |
| S | kg/ha | 7 | 10 | 10 | 11 | 1 | 9 |
| P | kg/ha | 5 | 9 | 9 | 10 | 1 | 8 |
| Mn | g/ha | 369 | 471 | 461 | 457 | 60 | 440 |
| Sr | g/ha | 35 | 70 | 150 | 262 | 70 | 129 |
| Ba | g/ha | 14 | 22 | 22 | 21 | 4 | 20 |
| Mo | g/ha | 3,0 | 1,3 | 1,0 | 0,8 | 0,5 | 1,6 |
| K hatására (NP átlagai) (8) | | | | | | | |
| K | kg/ha | 61 | 89 | 108 | 127 | 19 | 96 |
| Na | kg/ha | 4,4 | 3,0 | 1,8 | 1,5 | 0,8 | 2,7 |
| Mo | kg/ha | 2,6 | 1,5 | 1,1 | 1,0 | 0,5 | 1,6 |

Megjegyzés: As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se általában méréshatár alatt maradt (1g/ha).

Table 1: Effect of NPK supply levels on the mineral element uptake of hay on 28th May 2002. Measured elements (1), Measuring units (2), NPK supply levels (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Effect of N-supply levels (means of PK treatments) (6), Effect of P-supply levels (means of NK treatments) (7), Effect of K-supply levels (means of NP-treatments) (8). Note: As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se usually under detection limits (1g/ha).

P-trágyázás hatása 7 elem tekintetében igazolható. Mérsékelten emelkedett a Ca, S, Mn és Ba, megduplázódott a felvett P, valamint több mint 7-szeresére ugrott a szénába épült Sr mennyisége. Utóbbi tükrözi a felvételben lejátszódó P-Sr szinergizmus jelenségét. A Mo felvételében viszont a drasztikus gátlás nyilvánul meg a P-Mo antagonizmus nyomán. A P-kontroll talajon a széna 3,0 g/ha; míg a P-túlsúlyoson mindössze 0.8 g/ha Mo készlettel rendelkezik. A K-trágyázással

megkétszereződik a felett K mennyisége, míg a Na és a Mo beépülése erős gátlást szenved (1. táblázat).

2. táblázat NxK (P átlagai) és NxP (K átlagai) kölcsönhatások a gyepszéna elemfelvételében 2002. 05. 28-án

| Gyümölcsfélékben 2002. 03. 26-án | | | | | | |
|---|-----------------------------|------|------|------|--------------------------|--------------|
| AL-K ₂ O mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K kg/ha | | | | | | |
| 135 | 23 | 73 | 69 | 78 | 38 | 61 |
| 193 | 21 | 112 | 116 | 106 | | 89 |
| 279 | 22 | 123 | 139 | 148 | | 108 |
| 390 | 22 | 128 | 160 | 198 | | 127 |
| Na kg/ha | | | | | | |
| 135 | 0,13 | 3,90 | 6,43 | 7,15 | 1,64 | 4,41 |
| 193 | 0,08 | 3,00 | 4,49 | 4,41 | | 3,00 |
| 279 | 0,06 | 1,38 | 2,69 | 2,94 | | 1,77 |
| 390 | 0,05 | 1,20 | 2,49 | 2,13 | | 1,47 |
| Mo g/ha | | | | | | |
| 135 | 0,84 | 3,48 | 2,84 | 3,23 | 0,91 | 2,60 |
| 193 | 0,57 | 1,96 | 2,01 | 1,64 | | 1,54 |
| 279 | 0,37 | 1,37 | 1,75 | 1,08 | | 1,14 |
| 390 | 0,39 | 1,07 | 1,39 | 1,00 | | 0,96 |
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (5) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| P kg/ha | | | | | | |
| 66 | 3 | 6 | 6 | 7 | 2 | 5 |
| 153 | 3 | 9 | 11 | 12 | | 9 |
| 333 | 3 | 10 | 11 | 12 | | 9 |
| 542 | 3 | 11 | 12 | 14 | | 10 |
| Sr g/ha | | | | | | |
| 66 | 12 | 39 | 44 | 45 | 270 | 35 |
| 153 | 14 | 63 | 88 | 114 | | 70 |
| 333 | 30 | 131 | 195 | 243 | | 150 |
| 542 | 61 | 292 | 307 | 388 | | 262 |
| Mo g/ha | | | | | | |
| 66 | 0,47 | 3,92 | 4,52 | 3,20 | 0,91 | 3,03 |
| 153 | 0,55 | 1,62 | 1,64 | 1,56 | | 1,34 |
| 333 | 0,53 | 1,31 | 1,15 | 1,20 | | 1,05 |
| 542 | 0,60 | 1,03 | 0,69 | 1,00 | | 0,83 |

Table 2: Effect of NxK (means of P treatments) and NxP (means of K treatments) supply levels on some element uptake of hay on 28th May 2002. Ammoniumlactate-soluble (AL) K₂O in plough-layer, mg/kg (1), N-fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ in plough-layer, mg/kg (5).

A változásokról a kölcsönhatások adhatnak valós képet és tárhatnak fel eddig rejtve maradt összefüggéseket. A 2. táblázatban bemutatott NxK kétirányú táblázatban megfigyelhető, hogy a felvett K mennyisége 22 és 198 kg/ha között

ingadozhat, akár nagyságrendileg is eltérhet az NxK kölcsönhatások függvényében. A Na beépült mennyiségét tekintve 143-szoros az eltérés a két extrém tápláltsági szituáció, a K-túlsúlyos N-kontroll és a N-túlsúlyos K-kontroll között. Hasonló irányú, közel egy nagyságrendbeli eltéréseket mutat a felvett Mo tömege is az NxK trágyázás függvényében. Megemlíthető még, hogy a talaj növekvő oldható K-tartalmával nem változik a K felvétele a N nélküli kezelésekben.

Hasonló helyzet az NxP táblázatban is szembetűnő. A talaj P-kínálatával nem emelkedik a P-felvétel, amennyiben nem adunk N-t. Az együttes NP adagolással viszont a kontrollon mért akkumuláció csaknem 5-szörösére nő. A Sr beépült tömege extrém eltérést jelez 12 és 388 g/ha között, ami 32-szeres különbségnek adódik. A Mo felvétele P-szegény talajon és N-bőség esetén 3,2-4,5 g/ha között ingadozik, míg a N-hiány 0,5 g/ha felvételt tesz lehetővé. A P-bőség okozta felvételi gátlást azonban a N-bőség nem képes ellensúlyozni a Mo esetében. A N-nel trágyázott nagy termések Mo-készlete is csupán 0,6-1,0 g/ha közötti, alig haladja meg az N-kontroll parcellák kicsi termésének Mo-készletét (2. táblázat).

A sarjúszéna kis termésével kivont elemek mennyisége is csekélyebb. Az 1. kaszálásnál megfigyeltékhez hasonlóan a N-trágyázás itt is ötszörösére növelte a szénatermést, így a beépült elemek mennyisége is általában többszörösére emelkedik. Az átlagtól eltérően a N és a Cu ha-ként kivont tömege mintegy a 9-szeresére nő a maximális N-kínálattal, míg a Na-felvétel 22-szeresét teszi ki a N-kontroll talajon mért értéknek. Ezen elemek beépülését jelentősen serkentette a N-adagolás. Mindössze 2-3-szoros akkumulációt mutat ugyanitt pl. a Fe és Al a trágyázott szénában a hígulási effektus eredményeképpen (3. táblázat).

A talaj P-ellátottsága 6 elem felvételében tükrözött igazolható változásokat. Mintegy 30%-kal nőtt a beépült P, ill. 50%-kal a Sr készlete. Mérséklődött a felvett Mg és B mennyisége, valamint felére zuhant a Zn és Mo készlete a P-ral túltrágyázott szénában. A K-trágyázás közel megduplázta a Mo felvételét, ellensúlyozva ezzel a P-trágyázás negatív hatását. Több mint kétszeresére növelte a beépült K tömegét is. Az ismert kation-antagonizmus nyomán némileg visszaesett a Ca és Mg akkumulációja, míg a Na mennyisége csaknem 1/5-ére esett. Mérsékelten, kb. 1/3-ával emelkedett a Ba készlete is a K-mal jól ellátott talajon nőtt szénában (3. táblázat).

Az NxK kölcsönhatások hasonló irányú és mértékű módosulásokat jeleznek a K és Na felvételében, mint az 1. kaszálás idején. A Mo esetében a kölcsönhatások iránya megváltozott. A növekvő K-kínálat nem gátolja, hanem serkenti a Mo beépülését a növényi szövetekbe, így a kezelések közötti különbségek is mérséklődtek. Az NxP kölcsönhatások, pontosabban az együttes és növekvő NP-túlsúly nyomán a Sr felvétele látványosan nő, a kontrollhoz viszonyítva mintegy a 7-szeresére. Az akkumulált Zn tömegét a N és a P kínálata ellentétesen befolyásolja, ennek eredményeképpen 7-8-szoros különbségek adódnak. Hasonló a helyzet a Mo esetében is (4. táblázat).

3. táblázat NPK ellátottsági szintek hatása a gyepszéna elemfelvételére 2002.09. 03.

| Elem Jele (1) | Mérték- egység (2) | NPK ellátottsági szintek (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------------|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | | |
| N hatására (PK átlagai) (6) | | | | | | | |
| K | kg/ha | 9,9 | 24,1 | 50,1 | 58,4 | 7,6 | 35,6 |
| N | kg/ha | 6,8 | 16,5 | 42,0 | 55,0 | 2,7 | 30,1 |
| Ca | kg/ha | 2,5 | 5,9 | 10,7 | 12,0 | 0,8 | 7,8 |
| S | kg/ha | 1,6 | 3,3 | 5,3 | 5,8 | 0,4 | 4,0 |
| P | kg/ha | 1,5 | 3,1 | 4,8 | 5,3 | 0,4 | 3,7 |
| Mg | kg/ha | 1,2 | 2,8 | 5,4 | 6,0 | 0,4 | 3,8 |
| Na | kg/ha | 0,1 | 0,4 | 2,0 | 2,2 | 0,6 | 1,2 |
| Mn | g/ha | 59 | 153 | 274 | 300 | 19 | 196 |
| Fe | g/ha | 122 | 190 | 378 | 339 | 79 | 257 |
| Al | g/ha | 104 | 159 | 252 | 213 | 69 | 182 |
| Sr | g/ha | 8 | 19 | 37 | 42 | 3 | 27 |
| Zn | g/ha | 4 | 11 | 19 | 23 | 3 | 14 |
| Ba | g/ha | 2 | 5 | 11 | 13 | 1 | 8 |
| Cu | g/ha | 2 | 6 | 13 | 18 | 3 | 10 |
| B | g/ha | 2 | 5 | 10 | 10 | 1 | 7 |
| Ni | g/ha | 0,4 | 0,7 | 1,6 | 2,4 | 0,9 | 1,3 |
| Mo | g/ha | 0,4 | 1,2 | 1,7 | 1,8 | 0,3 | 1,2 |
| P hatására (NK átlagai) (7) | | | | | | | |
| P | kg/ha | 3,0 | 3,6 | 4,1 | 4,0 | 0,4 | 3,7 |
| Mg | kg/ha | 4,4 | 3,8 | 3,6 | 3,5 | 0,4 | 3,8 |
| Sr | g/ha | 21 | 23 | 29 | 33 | 3 | 27 |
| Zn | g/ha | 21 | 13 | 12 | 12 | 3 | 14 |
| B | g/ha | 8,1 | 6,4 | 6,7 | 6,5 | 0,8 | 6,9 |
| Mo | g/ha | 2,1 | 0,8 | 1,1 | 1,0 | 0,3 | 1,2 |
| K hatására (NP átlagai) (8) | | | | | | | |
| K | kg/ha | 20,4 | 32,5 | 43,1 | 46,5 | 7,6 | 35,6 |
| Ca | kg/ha | 8,8 | 7,8 | 7,6 | 7,0 | 0,8 | 7,8 |
| Mg | kg/ha | 4,4 | 3,9 | 3,6 | 3,4 | 0,4 | 3,8 |
| Na | kg/ha | 2,4 | 1,2 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 1,2 |
| Ba | g/ha | 6,7 | 6,9 | 7,9 | 9,1 | 0,9 | 7,7 |
| Mo | g/ha | 0,8 | 1,2 | 1,5 | 1,5 | 0,3 | 1,2 |

Table 3: Effect of NPK supply levels on the mineral element uptake of hay on 3rd September 2002. Measured elements (1), Measuring units (2), NPK supply levels (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Effect of N-supply levels (means of PK treatments) (6), Effect of P-supply levels (means of NK treatments) (7), Effect of K-supply levels (means of NP-treatments) (8).

Az 5. táblázatban közölt eredmények tájékoztatnak a gyepszéna elemfelvételéről, elemforgalmáról a 2002. évben, magukban foglalva mindkét kaszálással kivont elemek összegeit a N-trágyázás függvényében. Az adatokból látható, hogy minden kimutatott elemnél többszöröződik az akkumulált elemek tömege a N-kontrollhoz képest. Átlagokat meghaladó felvételt jelez a Cu mintegy 8-szoros, a N mintegy 9-szeres, valamint a Na 32-szeres kivont mennyiséggel a N-

kontrollhoz viszonyítva. A K és a P ellátottsági szintek illetően hatását a 6. táblázat tekinti át.

4. táblázat NxK (P átlagai) és NxP (K átlagai) kölcsönhatások a gyepszéna elemfelvételében 2002. 09. 03-án

elemhelyettesítésben 2002. 09. 05-án

| AL-K ₂ O mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---|-----------------------------|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K kg/ha | | | | | | |
| 135 | 9 | 18 | 25 | 30 | 16 | 20 |
| 193 | 10 | 25 | 44 | 52 | | 32 |
| 279 | 10 | 27 | 63 | 72 | | 43 |
| 390 | 11 | 26 | 68 | 80 | | 46 |
| Na kg/ha | | | | | | |
| 135 | 0,10 | 1,13 | 4,20 | 4,36 | 1,12 | 2,45 |
| 193 | 0,05 | 0,36 | 1,86 | 2,66 | | 1,23 |
| 279 | 0,06 | 0,17 | 0,97 | 1,11 | | 0,58 |
| 390 | 0,04 | 0,12 | 0,95 | 0,82 | | 0,48 |
| Mo g/ha | | | | | | |
| 135 | 0,24 | 1,06 | 0,73 | 1,38 | 0,63 | 0,85 |
| 193 | 0,37 | 1,21 | 1,57 | 1,74 | | 1,22 |
| 279 | 0,38 | 1,29 | 2,20 | 1,96 | | 1,46 |
| 390 | 0,47 | 1,13 | 2,26 | 2,02 | | 1,47 |
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (5) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Sr g/ha | | | | | | |
| 66 | 7 | 19 | 28 | 32 | 5 | 21 |
| 153 | 7 | 14 | 35 | 37 | | 23 |
| 333 | 8 | 20 | 39 | 48 | | 29 |
| 542 | 11 | 24 | 46 | 51 | | 33 |
| Zn g/ha | | | | | | |
| 66 | 5 | 16 | 27 | 34 | 6 | 21 |
| 153 | 4 | 8 | 18 | 22 | | 13 |
| 333 | 4 | 10 | 17 | 17 | | 12 |
| 542 | 4 | 10 | 15 | 17 | | 12 |
| Mo g/ha | | | | | | |
| 66 | 0,33 | 2,29 | 3,08 | 2,68 | 0,63 | 2,09 |
| 153 | 0,31 | 0,68 | 1,06 | 1,28 | | 0,83 |
| 333 | 0,42 | 0,81 | 1,34 | 1,68 | | 1,06 |
| 542 | 0,41 | 0,92 | 1,27 | 1,45 | | 1,01 |

Table 4: Effect of NxK (means of P treatments) and NxP (means of K treatments) supply levels on the element uptake of hay on 3rd September 2002. Ammoniumlactate-soluble (AL) K₂O in plough-layer, mg/kg (1), N-fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ in plough-layer, mg/kg (5).

5. táblázat N-műtrágyázás hatása a gyepszéna elemfelvételére 2002-ben. Két kaszálás összegei.

| Elem Jele (1) | Mérték- egység (2) | N-trágyázás, N kg/ha/év (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|------------------|-----------------------|-----------------------------|-----|-----|-----|--------------------------|--------------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K | kg/ha | 32 | 133 | 171 | 191 | 25 | 132 |
| N | kg/ha | 16 | 63 | 118 | 148 | 9 | 86 |
| Ca | kg/ha | 7 | 26 | 32 | 37 | 2 | 25 |
| S | kg/ha | 5 | 13 | 17 | 18 | 2 | 13 |
| P | kg/ha | 5 | 12 | 15 | 16 | 2 | 12 |
| Mg | kg/ha | 3 | 9 | 14 | 16 | 1 | 10 |
| Na | kg/ha | 0,2 | 2,8 | 6,0 | 6,4 | 1,3 | 3,8 |
| Fe | kg/ha | 0,3 | 0,6 | 0,9 | 0,9 | 0,2 | 0,7 |
| Mn | kg/ha | 0,2 | 0,6 | 0,9 | 0,9 | 0,1 | 0,6 |
| Al | kg/ha | 0,2 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,1 | 0,5 |
| Sr | g/ha | 38 | 150 | 196 | 240 | 34 | 156 |
| Zn | g/ha | 17 | 63 | 83 | 89 | 30 | 63 |
| Ba | g/ha | 7 | 26 | 38 | 39 | 5 | 27 |
| B | g/ha | 9 | 27 | 32 | 32 | 2 | 25 |
| Cu | g/ha | 6 | 23 | 40 | 49 | 5 | 29 |
| Ni | g/ha | 1,4 | 5,1 | 6,0 | 7,4 | 1,7 | 5,0 |
| Mo | g/ha | 0,9 | 3,1 | 3,7 | 3,5 | 0,6 | 2,8 |

Megjegyzés: As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se általában méréshatár (1g/ha) alatt maradt. Adatok a PK-kezelések átlagai.

Table 5: Effect of N-fertilization on the element uptake of hay in 2002. Sums of two cuts. Measured elements (1), Measuring units (2), N-fertilization, N kg/ha/yr (3), LSD_{5%} (4), Mean (5). Note: As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se usually under detection limits (1g/ha). Data given as means of PK-treatments.

A K-kínálattal a Ba készlete emelkedett a szénában, valamint a K mennyisége nőtt meg közelítően kétszeresére. Mérséklődött ugyanakkor a Ca, Mg és különösen a Na beépülése. A talaj oldható P-tartalmának növekedésével párhuzamosan emelkedett a P, S, Ba és Sr elemek kivont mennyisége. Kiugró a Sr több mint ötszörös felhalmozódása a P-túlsúlyos talajon, miközben a Mo csaknem 1/3-ára esik vissza ugyanitt. Más vizsgált elemek felvételében a P-trágyázás statisztikailag igazolható változásokat nem okozott (6. táblázat).

A 7. táblázatban néhány kiemelt kezelés szénatermésének és elemfelvételének adatait közöljük, összevontan a két kaszálás eredményei alapján. Célunk bemutatni a 29 év alatt kialakult extrém tápláltsági szituációkat:

Abszolút kontroll: 29 éve semmiféle trágyázásban nem részesült (N₀P₀K₀)

Egyoldalúan csak mérsékelt N-trágyázásban részesült 100 kg/ha/év adaggal (N₁P₀K₀)

Mérsékelt 100 kg/ha/év N-adag mellett közepes PK-ellátottság (N₁P₁K₁)

Kielégítő 200 kg/ha/év N-adag mellett bőséges PK-ellátottság (N₂P₂K₂)

Túlzott 300 kg/ha/év N-adag mellett túlzott PK-ellátottság (N₃P₃K₃)

6. táblázat A K (NxP átlagai) és P (NxK átlagai) ellátottsági szintek hatása a gyepszénára elemfelvételére 2002-ben. Két kaszálás összegei

| Elem Jele (1) | Mérték- egység (2) | Ammóniumlaktát-oldható K ₂ O, mg/kg(3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|------------------|-----------------------|--|-----|-----|-----|--------------------------|--------------|
| | | 135 | 193 | 279 | 390 | | |
| K | kg/ha | 81 | 122 | 151 | 173 | 25 | 132 |
| Ca | kg/ha | 27 | 26 | 25 | 24 | 2 | 25 |
| Mg | kg/ha | 12 | 11 | 10 | 9 | 1 | 10 |
| Na | kg/ha | 7 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 |
| Ba | g/ha | 21 | 25 | 28 | 35 | 5 | 27 |
| Elem Jele (1) | Mérték- egység (2) | Ammóniumlaktát-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg (6) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
| | | 66 | 153 | 333 | 542 | | |
| P | kg/ha | 8 | 13 | 13 | 14 | 2 | 12 |
| S | kg/ha | 10 | 14 | 14 | 15 | 2 | 13 |
| Sr | g/ha | 56 | 93 | 178 | 295 | 34 | 156 |
| Ba | g/ha | 21 | 30 | 30 | 29 | 5 | 27 |
| Mo | g/ha | 5,1 | 2,2 | 2,1 | 1,8 | 0,6 | 2,8 |

Table 6: Effect of K (means of NP treatments) and P (means of NK treatments) supply levels on some element uptake of hay on in 2002. Measured elements (1), Measuring units (2), Ammoniumlactate-soluble (AL) K₂O in plough-layer, mg/kg (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ in plough-layer, mg/kg (6).

Mivel itt egyedi kezeléseket hasonlítottunk össze, csak a két valódi ismétlés átlagaival dolgozhatunk belső ismétlések nélkül. Az SzD_{5%} szignifikancia értékek így 4-szeresei a főátlagokra megadottaknak. A trendek ennek ellenére meggyőzőek. Mindenféle trágyázás nélkül a szénatermés 2002-ben mindössze 1,7 t/ha körüli. Első minimumban a N található, hiszen az egyoldalú 100 kg/ha/év N-adagolással a hozam csaknem 4-szeresére ugrik. A kiegészítő P és K trágyázással érdemben nem is változik a termés. Csak a maximális N₃P₃K₃ kezelésben kapunk 8,7 t/ha szénatömeget, mely az abszolút kontroll hozamának 5-szörösét jelenti (7. táblázat).

Az extrém tápláltsági szituációt tekintve az alábbi különbségek adódtak az N₀P₀K₀ és N₃P₃K₃ kezelések között az egyes makroelemek felvételében 2002-ben: 34-302 kg/ha K, 15-168 kg/ha N, 8-35 kg/ha Ca, 5-22 kg/ha S, 4-22 kg/ha P (9-51 kg/ha P₂O₅), 3-14 kg/ha Mg. Nagyságrendbeli növekedést mutatott a Mn, Sr, Zn és Cu. A Mo 9-szeresére, a Na 23-szorosára ugrott az egyoldalú N-trágyázással, majd a felvétel töredékére esett az együttes NPK túlkínálattal. Az As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se mennyisége általában 1 g/ha mérés határ alatt maradt (7. táblázat).

Amennyiben az 1 t szénába épült elemtartalmakat, azaz az ún. fajlagos elemigényt vizsgáljuk megállapítható, hogy a műtrágyázás függvényében jelentős szórásokat mutatnak: a K 17-35 kg (20-42 kg K₂O), N 9-19 kg, Ca 3-5 kg, S 2,0-2,5 kg, P 1,3-2,5 kg (3,0-5,7 kg P₂O₅), Mg 1,4-1,9 kg között változott a 7. táblázat adataiból számolva. Ami a mikroelemeket illeti a Na 170-980 g, Fe 90-170 g, Mn és Al 60-120 g, Sr 10-50 g, Zn 7-25 g, Ba és B 3-6 g, Cu 3-6 g, Ni 0,4-0,9 g, míg a Mo 0,3-1,3 g/t széna fajlagos elemigényt jelzett. Adataink a gyeper elemforgalmának méreteire utalnak és iránymutatóul szolgálhatnak a műtrágyaigények becslésénél a szaktanácsadás során.

7. táblázat Különböző NPK ellátottsági szintek hatása a gyepszéna termésére és elemfelvételére 2002-ban. Két kaszálás összegei

| Széna, ill. elem jele(1) | Mérték- egység (2) | NPK-ellátottsági szintek, ill. kombinációik (3) | | | | | SzD _{5%} (4) |
|-----------------------------|-----------------------|---|--|--|--|--|--------------------------|
| | | N ₀ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₁ K ₁ | N ₂ P ₂ K ₂ | N ₃ P ₃ K ₃ | |
| Széna (5) | t/ha | 1,73 | 6,74 | 6,96 | 7,30 | 8,68 | 2,0 |
| K | kg/ha | 34 | 112 | 150 | 187 | 302 | 100 |
| N | kg/ha | 15 | 57 | 101 | 99 | 168 | 36 |
| Ca | kg/ha | 8 | 28 | 27 | 34 | 35 | 8 |
| S | kg/ha | 5 | 13 | 14 | 19 | 22 | 8 |
| P | kg/ha | 4 | 9 | 14 | 17 | 22 | 8 |
| Mg | kg/ha | 3 | 13 | 10 | 13 | 14 | 4 |
| Na | kg/ha | 0,3 | 6,9 | 5,7 | 3,3 | 2,6 | 2,6 |
| Fe | kg/ha | 0,3 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,4 |
| Mn | kg/ha | 0,1 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 1,0 | 0,3 |
| Al | kg/ha | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,3 |
| Sr | g/ha | 18 | 59 | 88 | 123 | 462 | 132 |
| Zn | g/ha | 20 | 80 | 50 | 54 | 213 | 60 |
| Ba | g/ha | 6 | 19 | 29 | 36 | 54 | 20 |
| B | g/ha | 11 | 31 | 25 | 34 | 29 | 8 |
| Cu | g/ha | 5 | 20 | 29 | 35 | 54 | 20 |
| Ni | g/ha | 1 | 3 | 4 | 6 | 8 | 3 |
| Mo | g/ha | 1 | 9 | 3 | 2 | 2 | 2 |

Megkegyezés: As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se általában méréshatár (1g/ha) alatt maradt.

Table 7: Effect of NPK supply levels and combinations on the yield and element uptake of hay on 2002. Sums of two cuts. Hay and measured elements (1), Measuring units (2), NPK supply levels or combinations (3), LSD_{5%} (4), Hay (5). Note: As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se usually under detection limits (1g/ha).

Amint a 8. táblázatban látható, a K és a Ba felvételét döntően az NxK pozitív kölcsönhatások befolyásolták együttesen közel egy nagyságrendbeli növekedést produkálva. Ugyanakkor a Ca és Na antagonista kationok beépülését a K-trágyázás mérsékelte. A Ca esetében ez a gátlás nem jelentős mindössze 10% körüli, míg a Na esetében az átlagos felvétel kevesebb mint 1/3-ára esik vissza a K-túlsúllyal. A Ca felvétele 5-szörös különbségeket mutat, lényegében a terméssel párhuzamosan változik. A Na-akkumulációban viszont 115-szörös eltérések adódnak, döntően a N-trágyázás serkentő hatása miatt.

Az NxP táblázat adatai szerint a N-felvétel közel nagyságrendi emelkedése alapvetően a N-trágyázás eredménye. A felvett P esetében is megnyilvánul az az általános jelenség, hogy N-trágyázás nélkül nincs érdemi javulás sem a termést, sem az egyes elemek beépülését illetően. Az együttes NP-kínálattal a kivont P mennyisége már 4-5-szörösére nőtt az N-kontrollhoz viszonyítva. A Mo felvett mennyisége kereken 1-8 g/ha között ingadozott. A N-trágyázással 8-10-szeresére emelkedett, míg a P-túlsúllyal közel 1/3-ával esett a betakarított szénával elszállított Mo tömege (8.táblázat).

8. táblázat NxK (P átlagában) és NxP (K átlagában) kölcsönhatások a gyepszéna elemfelvételében 2002-ben. Két kaszálás összegei

| Gyümölcsfélékben 2002-ben: Kft. kaszálás összesítő | | | | | | |
|--|-----------------------------|-----|------|------|-------------------|-------|
| AL-K ₂ O | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| mg/kg (1) | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K kg/ha | | | | | | |
| 135 | 32 | 91 | 94 | 107 | 50 | 81 |
| 193 | 31 | 138 | 160 | 157 | | 122 |
| 279 | 32 | 150 | 203 | 220 | | 151 |
| 390 | 33 | 154 | 228 | 278 | | 173 |
| Ca kg/ha | | | | | | |
| 135 | 8 | 24 | 35 | 39 | 4 | 27 |
| 193 | 7 | 28 | 32 | 38 | | 26 |
| 279 | 7 | 26 | 32 | 36 | | 25 |
| 390 | 7 | 24 | 31 | 34 | | 24 |
| Na kg/ha | | | | | | |
| 135 | 0,2 | 5,0 | 10,6 | 11,5 | 2,6 | 6,9 |
| 193 | 0,1 | 3,3 | 6,4 | 7,1 | | 4,2 |
| 279 | 0,1 | 1,5 | 3,7 | 4,0 | | 2,3 |
| 390 | 0,1 | 1,3 | 3,4 | 3,0 | | 2,0 |
| Ba g/ha | | | | | | |
| 135 | 6 | 20 | 29 | 31 | 8,5 | 21 |
| 193 | 6 | 24 | 33 | 36 | | 25 |
| 279 | 7 | 28 | 37 | 40 | | 28 |
| 390 | 7 | 31 | 52 | 49 | | 35 |
| AL-P ₂ O ₅ | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| mg/kg (5) | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| N kg/ha | | | | | | |
| 66 | 17 | 81 | 122 | 146 | 18 | 91 |
| 153 | 15 | 56 | 120 | 144 | | 84 |
| 333 | 15 | 57 | 112 | 148 | | 83 |
| 542 | 16 | 59 | 118 | 154 | | 87 |
| P kg/ha | | | | | | |
| 66 | 4 | 8 | 10 | 11 | 4 | 8 |
| 153 | 4 | 12 | 17 | 17 | | 13 |
| 333 | 5 | 14 | 16 | 18 | | 13 |
| 542 | 5 | 15 | 17 | 20 | | 14 |
| Mo g/ha | | | | | | |
| 66 | 0,8 | 6,2 | 7,8 | 5,9 | 1,2 | 5,1 |
| 153 | 0,9 | 2,3 | 2,7 | 2,8 | | 2,2 |
| 333 | 1,0 | 2,1 | 2,5 | 2,9 | | 2,1 |
| 542 | 1,0 | 2,0 | 2,0 | 2,4 | | 1,8 |

Table 8: Effect of NxK (means of P treatments) and NxP (means of K treatments) supply levels on some element uptake of hay in 2002. Ammoniumlactate-soluble (AL) K₂O in plough-layer, mg/kg (1), N-fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ in plough-layer, mg/kg (5).

Összefoglalás

- A vizsgált 2002. évben az 1. kaszálásig a gyep összesen 221 mm csapadékot kapott, beleszámítva a téli félévet is, tehát a 8 hónapos tenyészideje alatt. A 2. kaszálású sarjúnak 3 hónapos tenyészideje alatt összesen 180 mm csapadék állt rendelkezésére.
- Míg a szénatermés tömegét döntően a N-ellátás határozta meg, a N-kontrollhoz viszonyítva ötszörösére növelve, az ásványi elemek felvételét a fellépő NxP és NxK kölcsönhatások ill. antagonizmusok és szinergizmusok jelentősen tovább módosították.
- Az NxK ellátottság függvényében az 1. kaszálással kivont K pl. kereken 23-198 kg/ha, Na 0,1-7,1 kg/ha, Mo 0,4-3,5 kg/ha változást mutatott. Az NxP trágyázással a P 3-14 kg/ha, Sr 12-388 g/ha, Mo 0,5-4,5 g/ha határok között módosult. Hasonlóképpen nagyságrendi változások jelentkeztek a 2. kaszálás idején is.
- A talaj növekvő oldható K-kínálatával nőtt a K és Ba, ill. visszaszorult az antagonista Ca, Mg, Na elemek felvétele. A P-trágyázás serkentette a P, S, Sr és Ba, valamint gátolta a Mo beépülését, melynek kivont mennyisége 1/3-ára esett a P-ral igen jól ellátott parcellákon. A bőséges N-ellátás főként a N, K, Mn, Sr és Cu elemek beépülését segítette nagyságrendbeli akkumulációt eredményezve a N-kontrollhoz viszonyítva.
- Az extrém tápláltsági szituációkat tekintve (az $N_0P_0K_0$ és az $N_3P_3K_3$ szintek között) az alábbi különbségek léptek fel a felvételben 2002-ben a makroelemek esetén: K 34-302 kg/ha, N 15-168 kg/ha, Ca 8-35 kg/ha, S 5-22 kg/ha, P 4-22 kg/ha (9-51 kg/ha P_2O_5), Mg 3-14 kg/ha. Kontrollhoz képest a Na beépülése 23-szorozódott az egyoldalún N-kínálattal, majd töredékére zuhant az együttes NPK adagokkal. Nagyságrendbeli emelkedést mutatott a Mn, Sr, Zn és Cu. Az As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se felvett mennyisége általában 1 g/ha mérés határ alatt maradt.
- Az 1 t szénába épült elemtartalom a két kaszálás összegéből számítva 2002-ben az alábbi szórásokat mutatta a műtrágyázás függvényében: K 17-35 kg (20-42 kg K_2O), N 9-19 kg, Ca 3-5 kg, S 2,0-2,5 kg, P 1,3-2,5 kg (3,0-5,7 kg P_2O_5), Mg 1,4-1,9 kg. A beépült mikroelemek mennyiségei: Na 170-980 g, Fe 90-170 g, Mn és Al 60-120 g, Sr 10-50 g, Zn 7-25 g, Ba és B 3-6 g, Cu 3-6 g, Ni 0,4-0,9 g, Mo 0,3-1,3 g/t széna. Adataink a gyep elemforgalmának mértékére utalnak és iránymutatóul szolgálhatnak a műtrágyaigény becslésében a szaktanácsadás számára.

Kádár I. (2006): Effect of fertilisation on the element uptake of all-grass sward in 2002 (Summary)

- While the hay yield was basically determined by N-fertilization which lifted the hay mass 5 times compared to the N-control, the uptake of elements was drastically modified through the NxK and NxP synergistic and antagonistic interactions.
- As a function of NxK treatments the uptake K changed for example at the 1st cut between 23-198 kg/ha, at the 2nd cut between 9-80 kg/ha. At the same time the uptake of Na fluctuated between 0.05-7.15 kg and 0.4-4.4 kg/ha, that of Mo 0.4-3.2 g/ha and 0.2-2.3 g/ha resp. As a function of NxP treatments the uptake of P changed at the 1st cut between 3-14 kg/ha, Sr between 12-388 g/ha, Mo between

0,5-4,5 g/ha. The nutrient accumulation at the 2nd cut showed an analogical picture.

- The K-fertilization stimulated accumulation of K and Ba, while inhibited the antagonistic metal cations' uptake of Ca, Mg and Na. The increased P-supply rose the absorption of P, S, Sr and Ba while diminished the extracted amount of Mo, which dropped down on 1/3rd compared with the control. The liberal N-supply stimulated the incorporation of N, K, Mn, Sr and Cu resulting an increase of an order of magnitude.

- Between the two extreme supply levels ($N_0P_0K_0$ and $N_3P_3K_3$) there were found extreme differences in element uptake in 2002 as follows: 34-302 kg/ha K, 15-168 kg/ha N, 8-35 kg/ha Ca, 5-22 kg/ha S, 4-22 kg/ha P (9-51 kg/ha P_2O_5) and 3-14 kg/ha Mg. The incorporated Mn, Sr, Zn and Cu enhanced an order of magnitude on $N_3P_3K_3$ plots compared to the $N_0P_0K_0$ absolute control. Uptake of As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb and Se left behind the detection limit of 1 g/ha.

- To have 1 t air-dry hay it was used by grasses 17-35 kg K, 9-19 kg N, 3-5 kg Ca, 2.0-2.5 kg S, 1.3-2.5 kg P (3.0-5.7 kg P_2O_5), 1.4-1.9 kg Mg, 170-980 g Na, 90-170 g Fe, 60-120 g Mn and Al, 10-50 g Sr, 7-25 g Zn, 3-6 g Ba, B and Cu, 0.3-1.3 g Mo and 0.4-0.9 g Ni. Data illustrate the nutrient turnover of a grassland and may be used for assessing the nutrient demand of all-grass sward.

2.3. A minőség és tápanyaghozam

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az 1800-as évek elején *Thaer* az átlagos széna tápértékéhez hasonlította az egyéb takarmányok tápértékét, függetlenül összetételüktől. Hangsúlyozta emellett a gyeptermekező tápértékét is a talajtermékenység helyreállítása szempontjából, amikor a növényi trágyákat tárgyalja: „Leghatékonyabban az a fű vagy gyeptermekező, mely hosszabb pihenés után nő a földön. A zöld részek és a gyökerek sűrű szövete keveredve az elhalt giliszták és rovarok állati anyagaival (melyhez csatlakozik a legelő állatok trágyája), tekintélyes erőt ad a talajnak. Így több termést képes adni külön trágyázás nélkül, amit helytelenül a föld pihentetésének tulajdonítottak.” Tehát nem önmagában a pihentetés, hanem a gyeptermekező és legeltetés állítja helyre a kimerült szántó termékenységét - állapítja meg (*Thaer 1809-1821*).

Nagyváthy (1821) könyvének a rétek javításáról szóló fejezetében az alábbiakra utal: „A' Rét javítására első dolog 1. A' Trágyázás. 2. Annak a' moh, Hangya, és Vakondok-túrától való megtisztítása. 3. A' szükségtelen víznek róla levétele. A' trágyázás a rétekre nézve, csak Hazánkbanis többféle, ú. m.

1. A' Folyó ganaj a Rétek javítására még jobb, mint a szántóföldek kövérítésére. Ezzel mindannyiszor megöntözik Keszthelyen, Kéthelyen, és Óváron a Réteket a mennyiszor megkaszálják; és így legalábbis háromszor minden esztendőben.
2. A tűzzel való trágyázás. Ezt tapasztalhatjuk azokonn a vén Erdőkönn, a mellyeket meggyújtottak Ősszel, vagy Tavasszal.
3. A kinek módja van benne: a kimustrált Birkákkal való Kosarazás. Ez a Mohot is kiveszti, s ha mótelyt kap is illy vizes helyen a Birka, mit árt? Úgy is lemetszik.

4. A Szarvas marháknak a száraz Réteken való hálátása, kaszálás után.
5. A kifőzött, és kevert hamú, sajtolt törköly, és Mész.
6. A dombos szántóföldekről jövő esővízzel való elöntés.
7. A réteknek a szomszéd vizekkel való elboríttatása.
8. A Lombárdi öntözés módja Óváronn.
9. A marha trágyával való megterítés.

Ez az utolsó Hazánknak több részeiben legközönségesebb, és így szoktunk vele élni, hogy Ősszel a trágyázás előtt az egész Rétet meghasogatjuk Hasogató-ekével (*Aratrum Scarificatorium*) a mellynek szántóvasa nintsen, hanem több apró tsoroszlyája. Ezt szintűgy, mint az ekét marha vonja hosszában a Rétenn.”

Korizemics et al. (1855) az állatoknál fellépő betegségek jó részét a rossz takarmányra és a helytelen takarmányozásra vezeti vissza: étvágytalanság, falánság, csonttörékenység, fogbetegségek, hasmenés stb. Hangsúlyozza, hogy pl. kerülni kell a friss, nedvdús takarmányra való hirtelen áttérést, legelőre hajtást kora tavasszal. A rostos tömegtakarmány nélküli koncentrált abraktakarmányok túlzott használata szintén káros. A rostos takarmány segíti az emésztést, részben emészthető tápanyag, míg pl. a zab- vagy lenmagpogácsától az állat éhes marad és állapota leromlik. Az etetésnél fontos az arányosság és legfontosabb a széna, amelynek tápértékéről az alábbiakat közli:

„A széna minőségére nézve természetesen nagyon különböző; általában mégis fel lehet tenni, hogy abban 1,15%-tőli légeny van, ami mintegy 8 1/2% fehérnyének felel meg; a többi rész rostonyából áll. Ezen utolsó a szénát, mint száraz takarmányt, nagyon értékesíti...”. „Első legyen a gazdának marhanevelésnél a fiatal marha testének növekedését kellően irányozni, s ezt helyes takarmányozás mellett, csaknem egész bizonyossággal meg is teheti. Tapasztalás szerint ugyanis áll az, hogy 100 font szabályos szénaértéktől a marha teste a következő arányban növekedik: borjazó teheneknél a 3. évben 3.8 fonttal, 1-2 éves fiatal marhánál 6 fonttal, 1/4-1 éves borjúnál 7.9 fonttal. Biztosabb ha a 2. év végéig csak 6 font, és a 3. évben 3 1/2 font növekedést veszünk fel 100 font szabályos szénaérték után.” (*Korizemics et al. 1855*).

A kémia rohamos fejlődése lehetővé tette, hogy az 1800-as évek második felében kidolgozzák az alapvető takarmányvizsgálati módszereket, és takarmányszabványokat állítsanak össze. A takarmányokat kémiai összetételük alapján minősítették. A tápanyag-elmélet a takarmányok kémiai összetételéből és az állatok tápanyagszükségletéből indult ki. Utóbbi takarmányozási kísérletekben határozták meg. Takarmányszabványokban fontos szerepet kapott a N-mentes/N-tartalmú szervesanyagok aránya. Így pl Emil Wolff 1888-ban kiadott *Landwirtschaftliche Fütterungslehre* c. könyvében ez az arány a nyugalomban levő ökörnél 1:12, erősen igénybevett és a hízó állatnál 1:6, fiatal növedékmarhánál 1:5 körüli (*In: 'Sigmond 1904*).

A takarmányok emészthetőségét ekkor még nem tudták kellően figyelembe venni. Később *Oscar Kellner* a möckerni kísérleti állomáson megkülönbözteti a takarmányok fenntartó és termelő értékét anyag- és energiaforgalmi vizsgálatai során. A hústermelő hizlalásnál szűk arány indokolt (fehérjebeépüléssel). Zsír hizlalásnál olcsóbb takarmány a kívánatos tág N-mentes/N-gazdag szervesanyag-aránnyal. *Wolff* táblázataiban a hízó ökörnél is szűk arányt találunk. Az erőtermelésnél hasonló törvényszerűség uralkodik. Lényeges mindkét esetben

az emészthető szénhidrát mennyisége. Korábban végzett kísérleteknél nem tettek különbséget a növendék és a kifejlett állatok hizlalása között ('Sigmond 1904).

Cselkó I. (1902) a „Köztelek” takarmányozás rovatát vezetve felhívta a figyelmet arra, hogy a takarmányok hőegyenértékük arányában szolgáltatnak energiát az erőtermelő állatnak. A takarmányszabványok tévesen írják elő sok fehérjét a nehéz munkát végző állatnak. „Ez a vélemény Liebig idejéből származik, mert akkoriban azt hitték, hogy az erő forrását maga az izom képezi, melynek szövete szétbomlik s így szabadítja ki a benne rejlő erőt”. Az izomerő fő forrásai a szénhidrátok és a zsírok. A zsírban gazdag takarmány kiváló tápláló hatása abban van, hogy a zsír hőegyenértéke 2,4-szerese a fehérjének vagy a szénhidrátoknak. Liebig tévtanának oka, hogy az erősen igénybevett és rosszul táplált állatok gyakran lefogynak, mert „eleintén testi zsírukkal és később szervi fehérjéjükkel is pótolják a hiányt. Ezt tapasztaljuk pl. jármos ökreinken is, melyek az őszi szántás után rendszerint nagyon leromolva kezdik meg a téli heveredést. De ezen ne csodálkozzunk, mert az ökrök fő s gyakran egyedüli elesége ősszel a csalamádé.”

Cselkó (1902) Kellner közlései nyomán ismertette a párizsi omnibusztársaság kísérleti eredményeit. A társaság 13 ezer db-ból álló lóállománnyal rendelkezett és jól felszerelt kémiai, bakteriológiai laboratóriummal, erőmérőkkel, kísérleti istállóval volt ellátva, és átfogó anyagforgalmi vizsgálatokat végzett. Megállapításaik szerint a lovak ...”mindig akkor voltak a legmunkaképesebbek, midőn a legtöbb szénhidrátot és különösen a legtöbb cukrot kapták.” A N-mentes és a N-tartalmú emészthető tápanyagok aránya ekkor a 20-28 között ingadozott. A cukor feltűnően mérsékelte a lovak vízigényét, mely nyáron különösen előnyös volt. A fehérjének természetesen azt a minimumot el kell érnie, melyre a heverő állatnak is szükséges van – állapítja meg a szerző.

Dresdner (1927) könyvének „A legelő mint az állati egészség és a szépség forrása” c. fejezetében hangsúlyozza, hogy „Az állat a legelőn megőrzi szervezetének szilárdságát és ellenálló képességét, ellési nehézségek ritkábbak, a borjú is nagyobb és jobban fejlődik, a tej zsírosabb és jobb ízű, egészségesebb.” Helyettesíthetetlen a legelő által biztosított mozgás, levegő, napfény és táplálék.

Jelen fejezet a 2. éves trágyahatásokat taglalja telepített gyepon, különös tekintettel a gypszéna minőségére, takarmányértékére és tápanyaghozamára.

Eredmények

A szénatermést tekintve 2002-ben meghatározóak voltak a N-hatások, melyek mindkét kaszálás idején a hozamokat 5-szörösére növelték a N-kontrollhoz viszonyítva. A 2. kaszáláskor a termés kicsi maradt, átlagosan 1/4-ét tette ki az anyaszéna hozamának, azonban ásványi elemekben közel kétszeresen dúsabb volt. Az 1. táblázatban bemutatott adatok szerint a kis termésű sarjűszéna nyersrostban átlagosan mintegy 20%-kal szegényebb, míg nyersfehérjében 72%-kal, nyershamuban 85%-kal, nyerszsírban pedig 330%-kal volt gazdagabb az anyaszénánál.

1. táblázat NPK ellátottsági szintek hatása a légszáraz gyepszéna minőségére, 2002

| Vizsgált jellemzők (1) | Mértékegység(2) | NPK ellátottsági szintek (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|--|-----------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | | |
| N hatására 05. 28-án (PK-kezelések átlagai) (13) | | | | | | | |
| Nyersrost (6) | g/kg | 312 | 335 | 328 | 315 | 10 | 322 |
| Nyersfehérje(7) | g/kg | 60 | 62 | 97 | 111 | 5 | 83 |
| Összes cukor(8) | g/kg | 86 | 68 | 49 | 52 | 6 | 64 |
| Nyershamu (9) | g/kg | 76 | 53 | 53 | 54 | 4 | 59 |
| Nyerszsír (10) | g/kg | 12 | 8 | 9 | 11 | 2 | 10 |
| Karotin (11) | g/kg | 0,6 | 0,8 | 1,3 | 0,9 | 0,3 | 0,9 |
| Ny.rost/Ny.fehérje (12) | - | 5,2 | 5,4 | 3,4 | 2,8 | 0,4 | 4,2 |
| P hatására 05. 28-án (NK-kezelések átlagai) (14) | | | | | | | |
| Nyersfehérje(7) | g/kg | 89 | 78 | 80 | 83 | 5 | 83 |
| Összes cukor(8) | g/kg | 59 | 65 | 67 | 64 | 6 | 64 |
| Nyerszsír (10) | g/kg | 12 | 9 | 9 | 10 | 2 | 10 |
| K hatására 05. 28-án (NP-kezelések átlagai) (15) | | | | | | | |
| Nyersrost (6) | g/kg | 317 | 320 | 326 | 327 | 10 | 322 |
| Nyershamu (9) | g/kg | 55 | 57 | 60 | 64 | 4 | 59 |
| N hatására 09. 03-án (PK-kezelések átlagai) (16) | | | | | | | |
| Nyersrost (6) | g/kg | 270 | 269 | 259 | 258 | 4 | 264 |
| Nyersfehérje (7) | g/kg | 110 | 121 | 160 | 181 | 8 | 143 |
| Nyershamu (9) | g/kg | 119 | 115 | 102 | 101 | 5 | 109 |
| Nyerszsír (10) | g/kg | 32 | 33 | 32 | 34 | 4 | 33 |
| Ny.rost/fehérje(12) | - | 2,5 | 2,2 | 1,6 | 1,4 | 0,2 | 1,9 |
| P hatására 09. 03-án (NK kezelések átlagai) (17) | | | | | | | |
| Nyershamu (9) | g/kg | 104 | 109 | 111 | 113 | 5 | 109 |
| K hatására 09. 03-án (NP-kezelések átlagai) (18) | | | | | | | |
| Nyershamu (9) | g/kg | 98 | 109 | 112 | 118 | 5 | 109 |

Megjegyzés: Karotin vizsgálata 3 éves tárolás után történt (nagy része lebomlott) (19).

Table 1: Effect of N, P and K supply levels on the quality of the air dry hay in 2002. Measured parameters (1), measuring units (2), NPK supply levels (3), LSD_{5%} (4), mean (5), crude fibre (6), crude protein (7), total sugar (8), crude ash (9), crude fat (10), carotene (11), ratio of crude fibre/crude protein (12), N-responses as means of PK treatment on 28th May (13), P-responses as means of NK treatment on 28th May (14), K-responses as means of NP-treatment on 28th May (15), N-responses as means of PK treatment on 3rd September (16), P-responses as means of NK treatment on 3rd September (17), K-responses as means of NP-treatment on 3rd September (18), note: carotene determined after 3 years of storing, so bulk of it decayed already (19).

A kívánatosnak tekintett 100-150 g/kg nyersfehérje tartalmat az anyaszéna még a 300 kg/ha/év kezelésben is alig éri el. Hasonlóképpen a kedvezőnek tartott 2 körüli nyersrost/nyersfehérje arányt még ez a maximális N-adag sem képes biztosítani. A N-kontroll, ill. a mérsékelt 100 kg/ha/év N-adagú kezelésekben kapott 5 feletti nyersrost/nyersfehérje aránya extrém N-hiányról tanúskodik. A takarmányozási szempontból szükségesnek minősülő 2-3% nyerszsír helyett 1%-ot találunk az 1. kaszáláskori szénában. Összességében megállapítható tehát, hogy az anyaszéna nemcsak ásványi összetevőkben volt szegény, hanem szerves tápanyagkészletét tekintve is gyenge minőséget mutatott.

Ami a trágyahatásokat illeti látható, hogy a mérsékelt 100 kg/ha/év N-trágyázás igazolhatóan növelte a széna nyersrost tartalmát, majd a javuló N-ellátás nyomán a nyersrost mennyisége csökkent. A N-trágyázás általában mérsékli a nyersrost mennyiségét. Esetünkben olyan mérvű extrém N-hiány lépett fel a N-kontroll talajon, mely a rostképződést is gátolta. Ez magyarázza a mérsékelt N-kínálat rosttartalomra gyakorolt pozitív hatását. Ezzel ellentétesen változott a nyerszsír tartalma, mely a N₁ szinten 1/3-ával csökken, majd a javuló N-kínálattal ismét emelkedik (1. táblázat).

Amint az várható volt, a N-kínálattal az összes cukor mennyisége kevesbedik, hisz a N-trágyázás fehérjeszintézist és a N-tartalmú összetevők képződését serkenti a szénhidrátok rovására. Közel kétszeresére nő viszont a nyersfehérje készlete a szénában, míg nyershamuban a termés elszegényedik. A talaj növekvő oldható P-tartalmával mérséklődött a nyersfehérje és a nyerszsír, ill. némileg emelkedett az összes cukor tartalma. A K-trágyázás közismerten segíti a rost és szénhidrátok képződését és fontos hamualkotó (Kádár 1992, 1993). A javuló K-kínálat kísérletünkben is nyersrostban és nyershamuban gazdagabb takarmányt eredményezett (1. táblázat).

A szeptember eleji sarjúszenában N hatására mérséklődik a nyersrost és a nyershamu, látványosan emelkedik a nyersfehérje, ill. igazolhatóan nem módosul a nyerszsír mennyisége. A nyersrost/nyersfehérje aránya a N-kontroll talajon is viszonylag szűk 2,5 értéket mutat, mely az N₃ szinten 1,4 értékre csökken. A P-trágyázással mérsékeltén, a K-trágyázással kifejezettebben nő a nyershamu tartalma. Összefoglalóan megállapítható, hogy a kistermésű sarjúszena minősége kedvezőbb takarmányozási szempontból. A továbbiakban azt vizsgáljuk, hogyan alakul a gypszéna tápanyaghozama kaszálásonként, ill. a két kaszálás összegében és ezt miképpen befolyásolhatja a talaj NPK kínálata. Eredményeinket a 2. táblázat foglalja össze.

A zöld növények legfontosabb fotoszintetikus pigmentjei, szintestecskéi között említendő a klorofill és a karotinoidok. A növényre jutó fény egy részét ezek a sejtalkotók nyelik, ill. hasznosítják a fotoszintézis során. A karotinoidok elnevezés a pigmentek egy csoportjának gyűjtőneve, melyek alapvető alkotója a karotin (C₄₀H₅₆). A képletéből kiolvasható, hogy olyan hosszúláncú vegyület, melynek konjugált kettős kötéseiben csupán C-atomok vesznek részt. Az újabb kutatások szerint a karotinoidok nemcsak a fotoszintézist segítik a fény abszorpciójával és a fényenergia szállításával, hanem a klorofill oxidatív károsodása ellen is védelmet nyújtanak. Azon túl, hogy általános antioxidánsok (védőanyagok), az A-vitamin provitaminjaként vitaminforrásul is szolgálnak.

Liziméteres kísérleteink szerint a szója leveleinek klorofill és karotinoid tartalma mind a N-hiányos, mind a N-túlsúlyos edények növényeiben lecsökkent (Márton és Kádár 1999). Sárgaréppával végzett szabadföldi mikroelem terhelési kísérletünkben a Se és a Zn túlsúlya ugyanakkor igazolhatóan növelte a gyökér összes karotinoid készletét (Kádár et al. 2000). Irodalmi adatok szerint a N és más makroelemek hiánya vagy extrém túlsúlya esetén egyaránt visszaeshet a növények karotin tartalma a nem kiegyensúlyozott ásványi táplálás következtében (Pfützer et al. 1952, Scharer és Bürke 1953, Steiger et al. 1959, Voisin 1965).

Ismeretes, hogy a karotin gyorsan bomlik, így a hosszan tárolt szénában mennyisége elenyészővé válhat (Nehring 1965). A hazai irodalomban megemlíthető

Ihász (1960) munkája, aki számos gyakran előforduló pázsitfű és hereféle karotintartalmát határozta meg. Az 1. táblázatban bemutatott adatokból látható, hogy a 2005-ben vizsgált, 3 éven át légszáraz állapotban tárolt szénamintákban a karotin mennyisége elenyésző, átlagosan 0,9 mg/kg értéket mutat. A N kínálat 200 kg/ha/év mennyiségig adva megkétszerezte a tartalmat, majd a 300 kg/ha/év N-trágyázás nyomán a széna karotin készlete igazolhatóan ismét csökkent.

2. táblázat NPK ellátottsági szintek hatása a gyepszéna tápanyaghozamára 2002

| Vizsgált jellemzők (1) | Mérték egység (2) | NPK ellátottsági szintek (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|--|-------------------|------------------------------|------|------|------|-----------------------|-----------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | | |
| N hatására 05. 28-án (PK-kezelések átlagai) (12) | | | | | | | |
| Nyersrost (6) | kg/ha | 346 | 1816 | 1879 | 1846 | 394 | 1472 |
| Nyersfehérje (7) | kg/ha | 67 | 336 | 556 | 650 | 122 | 402 |
| Összes cukor(8) | kg/ha | 95 | 369 | 281 | 305 | 64 | 262 |
| Nyershamu (9) | kg/ha | 84 | 287 | 304 | 316 | 48 | 248 |
| Nyerszsír (10) | kg/ha | 13 | 43 | 52 | 64 | 20 | 43 |
| Karotin (11) | g/ha | 0,7 | 4,3 | 7,4 | 5,3 | 2,3 | 4,4 |
| P hatására 05. 28-án (NK-kezelések átlagai) (13) | | | | | | | |
| Összes cukor(8) | kg/ha | 215 | 290 | 275 | 268 | 64 | 262 |
| K hatására 05. 28-án (NP-kezelések átlagai) (14) | | | | | | | |
| Nyersrost (6) | kg/ha | 1277 | 1399 | 1429 | 1470 | 394 | 1394 |
| Nyershamu (9) | kg/ha | 213 | 241 | 255 | 281 | 48 | 248 |
| N hatására 09. 03-án (PK-kezelések átlagai) (15) | | | | | | | |
| Nyersrost (6) | kg/ha | 99 | 229 | 429 | 488 | 26 | 311 |
| Nyersfehérje (7) | kg/ha | 40 | 106 | 265 | 341 | 18 | 188 |
| Nyershamu (9) | kg/ha | 44 | 97 | 169 | 192 | 15 | 126 |
| Nyerszsír (10) | kg/ha | 12 | 28 | 52 | 64 | 7 | 39 |
| K hatására 09. 03-án (NP kezelések átlagai) (16) | | | | | | | |
| Nyershamu (9) | kg/ha | 106 | 119 | 135 | 142 | 15 | 126 |
| N hatására 1. + 2. kaszálás összegei (PK-kezelések átlagai) (17) | | | | | | | |
| Nyersrost (6) | kg/ha | 445 | 2045 | 2308 | 2334 | 420 | 1783 |
| Nyersfehérje (7) | kg/ha | 107 | 442 | 821 | 991 | 142 | 590 |
| Nyershamu (9) | kg/ha | 128 | 384 | 473 | 508 | 58 | 374 |
| Nyerszsír (10) | kg/ha | 25 | 71 | 104 | 128 | 25 | 82 |

Table 2: Effect of N, P and K supply levels on the nutrient yield of hay in 2002. Measured characteristics (1), measuring units (2), NPK supply levels (3), LSD_{5%} (4), mean (5), crude fibre (6), crude protein (7), total sugar (8), crude ash (9), crude fat (10), carotene (11), N-responses as means of PK treatment on 28th May (12), P-responses as means of NK treatment on 28th May (13), K-responses as means of NP-treatment on 28th May (14), N-responses as means of PK treatment on 3rd September (15), K-responses as means of NP-treatment on 3rd September (16), N-responses as sum of 1st and 2nd cuts and as means of PK-treatments (17).

Mivel a meghatározó N-hatások eredményeképpen a szénatermések mintegy ötszörözödtek, a tápanyag-hozamok is többszörösére emelkedtek a N-trágyázás nyomán. Az átlagot meghaladóan közel egy nagyságrenddel nőtt a nyersfehérje hozama, 67 kg/ha-ról 650 kg/ha-ra az 1. kaszálás idején. Hasonlóképpen a

karotinhozam az N-kontrollon mért 0,7 g/ha-ról 5-7 g/ha-ra ugrott a N-bőséggel. Az összes cukor és a nyershamu mennyisége ugyanitt 3-4-szeresére emelkedett. A P-trágyázás érdemi vagy látványos változásokat nem okozott, csupán az összes cukor hozamának növekedése igazolható a P₁ szinten. A K-kínálattal a nyersrost és a nyershamu ha-kénti hozama mutat pozitív kapcsolatot (2. táblázat).

A 2. kaszálás idején a cukrot és a karotin-összetevőket nem vizsgáltuk. Az egyéb vizsgált mutatók tekintetében a meghatározó N-hatások hasonlóképpen jelentkeztek mint az 1. kaszálás idején. A P-trágyázás hatása egyáltalán nem volt igazolható, míg a K-kínálattal a nyershamu hozama emelkedett jelentősen, közel 40%-kal a K-kontrollhoz viszonyítva. A két kaszálás összegeit tekintve a nyersrost 445 kg-ról 2334 kg/ha-ra, a nyersfehérje 107 kg-ról 991 kg/ha-ra, a nyershamu 128 kg-ról 508 kg/ha-ra, a nyerszsír 25 kg-ról 128 kg/ha-ra nőtt a N-trágyázás nyomán és a PK-kezelések átlagában. A maximális N-adaggal tehát a nyershamu hozama 4-szeresére, a nyersrost és a nyerszsír hozama több mint 5-szörösére, míg a nyersfehérje hozama 9,3-szeresére nőtt a N-kontrollhoz viszonyítva (2. táblázat).

A 3. táblázatban példaképpen bemutatjuk a szeptember 3-án betakarított sarjúszéna néhány mért és számított minőségi mutatóinak változását az NPK ellátottsági szintek függvényében. Az adatokból látható, hogy a széna neutrális detergens rostban (NDF) a leggazdagabb, mely lényegében a sejtfal összes anyagát magában foglalhatja 60%-os mennyiségben. A N-trágyázással enyhén mérséklődik a N-mentes kivonható anyag (Nmka) és a savdetergens rost (ADF) mennyisége, látványosabban, 28%-kal nő viszont az energiafüggő metabolizálható fehérje (MFE) és 68%-kal a N-függő metabolizálható fehérje (MFN) készlete a szénában. Megállapítható, hogy a N-kontroll talajon a N-függő hasznosítható fehérje (MFN) ad kisebb értéket, tehát az állatok termelését ez a mutató fogja limitálni. A növekvő N-kínálattal azonban a MFN értéke eléri ill. meghaladja az MFE mutatót.

A sarjúszéna energiamutatóit elemezve konstatálható, hogy a tejtermelő nettóenergia (NE_l) és az életfenntartó nettóenergia (NE_m) átlagai közelálló 4-5 MJ/kg közötti, míg a súlygyarapodási nettóenergia (NE_g) átlagosan 2,1 MJ/kg értéket mutat. A N-trágyázás mintegy 10%-kal növelte az NE_l, közel 20%-kal az NE_m és 40%-kal az NE_g értékét. A P-trágyázással mérsékelten emelkedett az NDF rostfrakció. A K-trágyázás szintén igazolható növekedést eredményezett az NDF rostfrakcióban. Mérsékelte viszont a N-mentes kivonható anyag, valamint az energetikai mutatók értékeit. Megjegyezzük, hogy a változások bár igazolhatók a nagyszámú ismétlés átlagában, de nem számottevőek (3. táblázat).

A sarjúszéna számított tápanyaghozamait tekintve szembetűnik a N-hatások egyértelműen látványos pozitív, valamint a P-hatások mérsékelten negatív, azaz hozamcsökkentő hatása. A N-kontrollhoz képest az NDF, Nmka és ADF mintegy az 5-szörösére; az MFE, NE_l, NE_m és NE_g mutatók átlagosan 6-7-szeresére, míg az MFN 8,6-szorosára emelkedett a maximális N-kínálattal. Ugyanakkor a P-trágyázás nyomán az említett mutatók 14-25% közötti mértékben kisebbednek a P-kontrollon mért értékekhez viszonyítva. A változások azonban itt is minden esetben 95%-os szinten igazolhatók a 4. táblázatban közölt eredmények szerint.

3. táblázat Műtrágyázás hatása a légszáraz gyepszéna egyéb minőségi mutatóira 2002. 09. 03-án

2002. 03. 05-án

| Vizsgált jellemzők (1) | Mérték-egység (2) | NPK ellátottsági szintek (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|--|-------------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | | |
| N hatására (PK kezelések átlagai) (14) | | | | | | | |
| NDF (6) | g/kg | 606 | 603 | 594 | 602 | 10 | 601 |
| Nmka (7) | g/kg | 468 | 462 | 446 | 427 | 10 | 451 |
| ADF (8) | g/kg | 303 | 295 | 286 | 288 | 7 | 293 |
| MFE (9) | g/kg | 85 | 87 | 102 | 109 | 4 | 96 |
| MFN (10) | g/kg | 71 | 79 | 105 | 119 | 5 | 93 |
| NE ₁ (11) | MJ/kg | 4,4 | 4,5 | 4,8 | 4,9 | 0,1 | 4,7 |
| NEm (12) | MJ/kg | 4,0 | 4,2 | 4,6 | 4,7 | 0,1 | 4,4 |
| NEg (13) | MJ/kg | 1,7 | 1,9 | 2,3 | 2,4 | 0,1 | 2,1 |
| P hatására (NK kezelések átlagai) (15) | | | | | | | |
| NDF (6) | g/kg | 592 | 600 | 605 | 607 | 10 | 601 |
| K hatására (NP kezelések átlagai) (16) | | | | | | | |
| NDF (6) | g/kg | 589 | 610 | 599 | 606 | 10 | 601 |
| Nmka (7) | g/kg | 458 | 452 | 446 | 446 | 10 | 451 |
| NE ₁ (11) | MJ/kg | 4,7 | 4,7 | 4,6 | 4,6 | 0,1 | 4,7 |
| NEm (12) | MJ/kg | 4,5 | 4,4 | 4,4 | 4,3 | 0,1 | 4,4 |
| NEg (13) | MJ/kg | 2,2 | 2,1 | 2,0 | 2,0 | 0,1 | 2,1 |

NDF (neutrális detergens rost), ADF (savdetergens rost), Nmka (N-mentes kivonható anyag), MFE (energiafüggő metabolizálható fehérje), MFN (N-függő metabolizálható fehérje), NE₁ (tejtermelő nettó energia), NEm (életfenntartó nettó energia), NEg (súlygyarapodási nettó energia).

Table 3: Effect of N, P and K fertilization on some quality parameters of hay on 3rd September, 2002. Measured characteristics (1), measuring units (2), NPK supply levels (3), LSD_{5%} (4), means (5), neutral detergent fibre (6), N-free extract (7), acid detergent fibre (8), energy-dependent metabolic protein (9), milk-production net energy (11), life-maintenance net energy (12), live weight gain net energy (13), N-responses as means of PK-treatments (14), P-responses as means of NK-treatments (15), K-responses as means of NP-treatments (16).

Valójában extrémebb különbségeket találhatunk az egyes kezeléskombinációk, azaz az egyes nagyon eltérő tápláltsági szituációk között. Az 5. táblázatban tanulmányozható a 29 éve semmiféle trágyázásban nem részesült abszolút kontroll (N₀P₀K₀), az egyoldalú mérsékelt N-trágyázás (N₁P₀K₀), a kiegyensúlyozott mérsékelt NPK kínálat (N₁P₁K₁), a kiegyensúlyozott bőséges NPK kínálat (N₂P₂K₂), valamint a termesztett növényekre általában már nemkívánatos NPK-túltrágyázás (N₃P₃K₃) hatása. Mivel itt egyedi kezeléseket hasonlítottunk össze két ismétlés átlagában, belső ismétlések nélkül, az SzD_{5%} szignifikancia értékei 4-szeresei a főátlagokra számítottaknak. A változások, trendek ennek ellenére meggyőzőek és általában statisztikailag is igazolhatók.

Az 1. kaszálás idején a kontrollhoz képest a szénatermés 5-szörösére, a cukorhozam 2-3-szorosára, a nyersrost, nyershamu és nyerszsír hozama 4-6-szorosára, míg a nyersfehérje hozama 10-szeresére nőtt az NPK műtrágyázás eredményeképpen. A 2. kaszálás idején a szénatermés hasonlóképpen 5-szöröződik a kontrollhoz viszonyítva. A legtöbb vizsgált hozammutató itt is 4-6-szoros emelkedést mutat. Ezt meghaladóan az MFE és az NEg közel 7-szeres, a

nyersfehérje és az MFN 8-9-szeres hektáronkénti növekedéssel tűnik ki az $N_0P_0K_0$ kontrollhoz viszonyítva. Az 1. és 2. kaszálás összegeit tekintve a trágyahatások mértékét jól jelzik a vizsgált természetes mutatók. A széna 1,7-ről 8,7 t/ha-ra, a nyersrost 532 kg-ról 2876 kg/ha-ra, a nyersfehérje 113 kg-ról 1110 kg/ha-ra, a nyershamu 132 kg-ról 672 kg/ha-ra, a nyerszsír hozama 39 kg-ról 173 kg/ha-ra emelkedett az NPK trágyázás nyomán (5. táblázat).

4. táblázat NPK ellátottsági szintek hatása a gyepszéna számított tápanyag-hozamára 2002. 09. 03-án

hozamára 2002. 07. 05-án

| Mért jellemzők (1) | Mértékegység (2) | NPK ellátottsági szintek (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|--|------------------|------------------------------|------|------|------|-----------------------|-----------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | | |
| N hatására (PK-kezelések átlagai) (14) | | | | | | | |
| NDF (6) | kg/ha | 223 | 512 | 984 | 1140 | 60 | 715 |
| Nmka (7) | kg/ha | 172 | 392 | 738 | 808 | 43 | 528 |
| ADF (8) | kg/ha | 111 | 251 | 473 | 546 | 30 | 345 |
| MFE (9) | kg/ha | 31 | 75 | 170 | 206 | 11 | 121 |
| MFN (10) | kg/ha | 26 | 69 | 174 | 224 | 12 | 123 |
| NE ₁ (11) | GJ/ha | 1,63 | 3,87 | 8,00 | 9,22 | 0,47 | 5,68 |
| NE _m (12) | GJ/ha | 1,48 | 3,58 | 7,65 | 8,87 | 0,46 | 5,40 |
| NE _g (13) | GJ/ha | 0,64 | 1,63 | 3,79 | 4,45 | 0,25 | 2,63 |
| P hatására (NK-kezelések átlagai) (15) | | | | | | | |
| NDF (6) | kg/ha | 768 | 703 | 716 | 673 | 60 | 715 |
| Nmka (7) | kg/ha | 580 | 522 | 525 | 484 | 43 | 528 |
| ADF (8) | kg/ha | 378 | 331 | 350 | 324 | 30 | 345 |
| MFE (9) | kg/ha | 134 | 117 | 119 | 112 | 11 | 121 |
| MFN (10) | kg/ha | 139 | 118 | 121 | 115 | 12 | 123 |
| NE ₁ (11) | GJ/ha | 6,29 | 5,50 | 5,67 | 5,26 | 0,47 | 5,68 |
| NE _m (12) | GJ/ha | 6,02 | 5,19 | 5,39 | 4,98 | 0,46 | 5,40 |
| NE _g (13) | GJ/ha | 2,99 | 2,49 | 2,63 | 2,40 | 0,25 | 2,63 |

Table 4: Effect of NPK supply levels on the calculated nutrient yield of hay on 3rd September. Measured characteristics (1), measuring units (2), NPK supply levels (3), LSD_{5%} (4), means (5), neutral detergent fibre (6), N-free extract (7), acid detergent fibre (8), energy-dependent metabolic protein (9), N-dependent metabolic protein (10), milk-production net energy (11), life-maintenance net energy (12), live weight gain net energy (13), N-responses as means of PK-treatments (14), P-responses as means of NK-treatments (15).

Összefoglalás

- Döntőnek a N-hatások bizonyultak, melyek a szénaterméseket és a tápanyaghozamokat is többszörözték. A N-kinálattal nőtt a széna nyersfehérje, valamint mérséklődött a nyersrost, összes cukor és nyershamu tartalma. A P-hatások nem bizonyultak következetesnek, míg a K-trágyázás 15-20%-kal emelte a széna nyershamu készletét mindkét kaszálás idején.

- A két kaszálás összegét tekintve a szénatermés a 29 éve trágyázatlan kontrollon ($N_0P_0K_0$) mért 1,7 t/ha-ról 8,7 t/ha-ra emelkedett a maximális trágyázás ($N_3P_3K_3$) nyomán. Ugyanitt a nyersrost 532 kg-ról 2876 kg-ra, a nyersfehérje 113 kg-ról

1110 kg-ra, a nyershamu 132 kg-ról 672 kg-ra, a nyerszsír 39 kg-ról 173 kg-ra ha-
ént. A nyersrost/nyersfehérje aránya ezzel párhuzamosan 4,7-ről 2,6-ra szűkült.

5. táblázat Különböző NPK ellátottsági szintek hatása a gypszena termésére és
tápanyaghozamára 2002-ben

| Vizsgált jellemzők (1) | Mérték- egység (2) | NPK ellátottsági szintek, ill. kombinációik (3) | | | | | SzD _{5%} (4) |
|--|-----------------------|---|--|--|--|--|--------------------------|
| | | N ₀ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₁ K ₁ | N ₂ P ₂ K ₂ | N ₃ P ₃ K ₃ | |
| 1. kaszálás 2002. május 28-án (20) | | | | | | | |
| Széna (5) | t/ha | 1,38 | 5,22 | 6,16 | 5,70 | 6,91 | 1,56 |
| Nyersrost(6) | kg/ha | 435 | 1738 | 2119 | 1790 | 2418 | 1576 |
| Nyersfehérje(7) | kg/ha | 75 | 449 | 370 | 462 | 788 | 440 |
| Összes cukor(8) | kg/ha | 144 | 334 | 413 | 433 | 276 | 256 |
| Nyershamu (9) | kg/ha | 94 | 250 | 333 | 336 | 470 | 192 |
| Nyerszsír (10) | kg/ha | 28 | 68 | 74 | 51 | 124 | 80 |
| 2. kaszálás 2002. szeptember 3-án (21) | | | | | | | |
| Széna (5) | t/ha | 0,35 | 0,80 | 1,52 | 1,61 | 1,77 | 0,30 |
| NDF (11) | kg/ha | 208 | 501 | 906 | 989 | 1106 | 40 |
| Nmka (12) | kg/ha | 166 | 369 | 716 | 704 | 738 | 40 |
| ADF (13) | kg/ha | 105 | 232 | 444 | 451 | 550 | 28 |
| Nyersrost (6) | kg/ha | 97 | 219 | 400 | 414 | 458 | 104 |
| Nyersfehérje(7) | kg/ha | 38 | 92 | 211 | 278 | 322 | 72 |
| Nyershamu (9) | kg/ha | 38 | 89 | 142 | 158 | 202 | 60 |
| MFE (14) | kg/ha | 29 | 68 | 147 | 172 | 193 | 16 |
| MFN (15) | kg/ha | 24 | 59 | 138 | 182 | 211 | 20 |
| Nyerszsír (10) | kg/ha | 11 | 31 | 51 | 57 | 49 | 28 |
| NE ₁ (16) | GJ/ha | 1,6 | 3,6 | 7,5 | 7,9 | 8,5 | 0,4 |
| NE _m (17) | GJ/ha | 1,4 | 3,3 | 7,2 | 7,6 | 8,1 | 0,4 |
| NE _g (18) | GJ/ha | 0,6 | 1,4 | 3,8 | 3,8 | 4,0 | 0,4 |
| Széna (5) | t/ha | 1,73 | 6,02 | 7,68 | 7,31 | 8,68 | 1,82 |
| Nyersrost (6) | kg/ha | 532 | 1957 | 2519 | 2204 | 2876 | 1610 |
| Nyersfehérje(7) | kg/ha | 113 | 541 | 581 | 740 | 1110 | 470 |
| Nyershamu (9) | kg/ha | 132 | 339 | 475 | 494 | 672 | 180 |
| Nyerszsír (10) | kg/ha | 39 | 99 | 125 | | 173 | 84 |
| | | | | | 108 | | |
| Ny.rost/Nyersfehérje (19) | | 4,7 | 3,6 | 4,3 | 3,0 | 2,6 | 0,6 |

Table 5: Effect of different NPK supply levels on the hay and nutrient yields in 2002. Measured parameters (1), measuring units (2), NPK supply levels or combinations (3), LSD_{5%} (4), hay (5), crude fibre (6), crude protein (7), total sugar (8), crude ash (9), crude fat (10), neutral detergent fibre (11), N-free extract (12), acid detergent fibre (13), energy-dependent metabolic protein (14), N-dependent metabolic protein (15), milk-production net energy (16), life-maintenance net energy (17), live-weight gain net energy (18), ratio of crude fibre/crude protein (19) 1st cut on 28th May, 2002 (20), 2nd cut on 3rd September, 2002 (21), sum of 1st and 2nd cuts (22).

- A 3 éves tárolást követően a karotin nagy része elbomlott a szénában, az átlagos mennyiség csupán 0,9 mg/kg szárazanyag értéket adott. Az N-kontrollon mért 0,6 mg/kg a 200 kg/ha/év N-adaggal megduplázódott, majd a 300 kg/ha/év N-adag nyomán ismét bizonyíthatóan visszaesett.

- A sarjűszűna kis terműse 1tlagosan 50-70%-kal gazdagabb volt nyersfeűrűjűben 1s nyershamuban, műg a nyerssűrű kűsűlete az anyaszűn1ban műrtnek 3-szoros1t tette ki. A nyersrost/nyersfeűrűje ar1nya a sarjűban 1tlagosan 1,9, műg a gyenge minűsűgű, ill. t1p1rtűkű anyaszűn1ban 4,2 volt. A sarjűszűna viszont nyersrostban volt szegűnyebb mintegy 20%-kal.
- A sarjűszűna egyűb minűsűgi mut1tűt vizsg1lva azt tal1ltuk, hogy a javulű N-kűn1l1ttal igazolhatűan esett a N-mentes kivonhatű anyag (*Nmka*) 1s a savdetergens rost (*ADF*) tartalma, valamint nűtt az energiatűggű 1s a N-tűggű metaboliz1lhatű feűrűje (*MFE* 1s *MFN*), ill. a nettűenergia (*NE*) form1k/jellemzűk. A P-kűn1lat 1rdemi v1ltoz1sokat nem okozott. A K-tr1gy1z1s nyom1n nűmileg emelkedett a neutr1lis detergens rost (*NDF*), ill. csűkkent a *Nmka* 1s az energetikai mut1tűk (*NE*) 1rtűke.

K1d1r I. (2006): Effect of fertilisation on the nutrient yield and quality of all-grass sward in 2002 (Summary)

- The N-responses were decisive for both the hay quality and the hay and nutrient yields. The N-fertilizer increased the crude protein content and diminished the same time the crude fibre, crude ash and total sugar contents in the hay. The P-responses were not significant while the K-fertilization stimulated the crude ash accumulation in both cuts.
- The hay yield of 2 cuts in 2002 amounted to 1,7 t/ha on the N₀P₀K₀ plots not receiving any fertilizer during the 29 experimental years, while on the maximum N₃P₃K₃ supply levels figured out 8.7 t/ha. The same time here the crude fibre increased from 532 kg/ha to 2876 kg/ha, crude protein from 113 kg/ha to 1100 kg/ha, crude ash from 132 kg/ha to 672 kg/ha, crude fat from 39 kg/ha to 173 kg/ha, while the crude fibre/crude protein ratio dropped from 4.7 to 2.6.
- After 3 years storing the decisive part of carotene decomposed in the hay and gave as little as 0.9 mg/kg average value. The N-control gave 0.6 mg/kg, the 200 kg/ha/yr N-treatment resulted in 1.3 mg/kg, than the N-excess 300 kg/ha/yr plots showed again significantly less 0.9 mg/kg.
- The 2nd cut hay had a little yield however, was rich in crude protein and crude ash having 50-70% higher average content compared with the primary hay. The crude fat content was 3-times higher in the 2nd cut hay, while the crude fibre about 20% less. The ratio of crude fibre/crude protein figured as an average 1.9, while in the low-quality primary hay amounted 4.2.
- The N-fertilization depressed the content of N-free extract and acid detergent fibre (ADF) and enhanced the content of energy dependent protein (MFE), N-dependent metabolic protein (MFN) and nettoenergy (NE) parameters. The P fertilization did not cause any changes, while the K-fertilization decreased the N-free extract and the nettoenergy parameters (NE) and slightly stimulated the neutral detergent fibre (NDF) synthesis in the 2nd cut hay.

3. Műtrágyahatások vizsgálata a 3. éves gyepen 2003-ban

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az EU taggá vált Ausztria gyepgazdálkodásainak problémáit vizsgálva *Schlechner (1990)* megállapítja, hogy az extenzifikálás elkerülhetetlen Ausztriában is mind gazdasági, mind környezeti okokból. Gazdasági kényszert jelent a tej és a hús túltermelése. A tejtermelés 20, a húsmarha termelése 39%-kal haladta meg a belső fogyasztást. Az exporttámogatás lassan elviselhetetlen terhet jelent, mely 1989-ben a 3 milliárd Ösch-et (osztrák schilling) is elérte. Ehhez járult még a gabonafeleslegek támogatása 3,4 milliárd Ösch értékben. Ökológiai és lakossági kíváncsi megőrizni a tiszta ivóvizet, bevezetni a kémia mentes termelést, mérsékelni a légköri NO_x és NH_3 emissziót. Bár az emissziót tekintve a mezőgazdaság alárendelt szerepet játszik a közlekedéshez vagy az iparhoz és a háztartáshoz képest.

Az állatsűrűség ÉNy-Európa egyes vidékeihez viszonyítva mérsékelt Ausztriában, hiszen nagy területeken extenzív hegyvidéki gazdálkodás folyik. Meghatározó a kultúrtáj megőrzése, mely az ország idegenforgalmának fő vonzerejét adja. A 100 millió vendégéjszakából Bécs és a tartományok fővárosai csupán mintegy 10%-kal részesednek. Kompromisszumot kell találni a mezőgazdasági bevételek és a környezetvédelem között. A túltermelés és a fajszegénység oka a túlzott kemizálás. A termelés intenzitását döntően a trágyázás szabja meg, ettől függ a termés, állattartó képesség, állatsűrűség.

A szerző szerint a természetes gyepek átlagosan 2 t, a félintenzív, extenzíven trágyázottak (istállótrágya + PK) 5-7 t, míg az intenzíven trágyázottak (istállótrágya + PK + 240 kg/ha/év N) 10-12 t szénát adhatnak ha-ként. Ugyanitt a számosság sűrűség 0,5 db/ha-ról 2,8 db/ha-ra nőhet. Kompromisszumként elfogadható lehetne a félintenzív gyepek extenzív trágyázással, mert a természetes gyepek romló takarmányminőséget és állattartást jelent. Bizonyos körzetekben, síkvidéken a szántóföldi takarmánytermelés még így is versenyképesebb lehet a félintenzív ösgyeppekkel szemben.

A silókukorica belterjes műveléssel 14 t/ha szárazanyagot adhat, tehát akár 3-szor annyi állati élőszület biztosít. Így a gazda legfontosabb takarmánynövényévé vált. Míg 1960-ban 16 ezer, 1990-re 120 ezer ha lett a silókukorica vetésterülete Ausztriában. A magra termesztett kukorica 46 ezer ha-ról 194 ezer ha-ra nőtt ugyanezen idő alatt kiváló terméspotenciálja miatt. Míg a búza 4-5 t/ha, a kukorica 7-8 t/ha szemtermést nyújt átlagosan és a sertéshízlalás alapját képezi. A kukorica ugyanakkor ökológiai katasztrófát jelent az érzékenyebb vagy lejtős talajon. Maximálisan 150 kg/ha műtrágya N-t javasolnak, de gyakran sertéstrágyával még ugyanennyit kijuttatnak. A javasolt 80 kg/ha P_2O_5 helyett 120 kg/ha kerül a talajba. A bajor adatok szerint is 130-150 kg/ha N-többletet mutat a kukoricatermelés. Az átlagos termésekkel 180-210 kg/ha a felvett N, míg 340 kg/ha körüli az adott, melyből 120-140 kg/ha az ásványi és 200 kg/ha körüli a szerves trágyában kijuttatott (*Schlechner 1990*).

Az általános vélemény szerint biztosítani kell a gazdák jövedelmét, különben erősödik az elvándorlás, mert a gazdálkodók amúgy is kevesebb jövedelemmel rendelkeznek mint a városokban foglalkoztatottak. A fajgazdag „virágrétek”

megőrzése feltételezi a gazdák anyagi kompenzációját, a biológiai gazdálkodás támogatását. Érzékeny területeken betiltható a növényvédőszer és a N-műtrágya, visszafogható a túltrágyázás a kukoricatermesztésben. A N-igényt herefélékkel lehetne mérsékelni 4-5 éves váltással, hogy elkerüljék a hereúnságot. Emellett vámvédelem is szükséges az olcsó külföldi tömegáru ellen az EU-ban, közös fellépéssel, hiszen az egyoldalú nemzeti szabályozás nem fogadható el. A védett területeken, lejtőn az erdőtelepítés kívánatos.

Meg kell jegyezni, hogy az intenzív és extenzív fogalmak pontatlanok, a hozam/költség viszonyok függvényei. Az üzemben három fő termelési tényezőről beszélhetünk: a talaj, a munka és a tőke. Ami olcsó, azt bőséggel alkalmazzuk. Az USA-ban pl. 200 évvel ezelőtt sok és olcsó volt a föld, mérsékelt a tőke és kevés/drága a munkaerő. Hasonló volt a helyzet részben Magyarországon is. Ezért nagygazdaságok alakultak és ahogy elérhetővé vált a tőke, előrehaladt a gépesítés munkaerőt helyettesítve. Ezzel szemben DK-Ázsiában kevés a föld és a tőke, hagyományosan sok a munkáskéz és a rizsföldeken évente 2-3 termést is betakaríthatnak.

Kicsiben és lokálisan mindez itthon is megtalálható. Az Alföldön és a ritkán lakott síkvidékeken leegyszerűsített, állat nélküli gépesített szántóművelés uralkodik, míg a város körüli gazdaságok részben a családi erőre épülő sokoldalú intenzív gyümölcs- és zöldségtermelést folytatnak. Utóbbi tehát talaj és munkaerő tekintetében intenzív, de tőke tekintetében nem. Az önellátás azonban visszaszorul, nincs elég családi munkaerő, melyet régen nem is számoltak. Fejlődő világban az extenzív önellátó gazdálkodás túlnépesedéssel és élelmiszerhiánnyal párosulva eróziót, túllegeltetést, sivatagosodást, erdőpusztulást okoz. A probléma megoldhatatlannak, a természetpusztulás vissza-fordíthatatlannak látszik.

Nem tekinthető természetbarátnak az extenzív, ill. támogatott természetrombolásnak az intenzív gazdálkodás Európában sem. A haladás (a kemizálás, gépesítés, nemesítés) talajkímélő hatású, hiszen stagnáló lakosságnál még az intenzíven kezelt és ökológiailag terhelt területet is mérsékli. Egyre kevesebb talajfelületet igényel a termelés, mert nő a hektáronkénti hozam. Így csökkenhet az erózió szántóművelés, nőhet az erdőterület, a kultúrtáj, a talajfedettség. Vannak árnyoldalai a folyamatnak, de ezek kezelhetők. A kezelt területen valóban negatív jelenség a fajszegényedés, de lehetőséget kapunk a természeti értékek megőrzésére is. Van játékerünk, nincsen kényszerpálya. Kompromisszummal egyeztetethetők a gazdálkodók és a tájmegőrzés/tájápolás érdekei. A fajgazdagság javítható vízszabályozással, a savanyú réteken meszezéssel stb.

Makro- vagy globálökológiai tekintetben is előnyös lehet a nagy terméssel kiváltott kisebb kezelt terület. Csökkenthető az üvegházhatás, mert az erdősítéssel nő a CO₂ megkötése. Igaz, hogy hasznosításkor a CO₂ újra felszabadul, de megújuló energiát szolgáltatva helyettesítheti a fosszilis energiahordókat. Lokálisan negatív jelenség a fajszegénység. Az intenzív trágyázás és használat a fajok 1/10-ét segíti és akár 9/10-ét elnyomhatja. Nem könnyű a választás, mert mindkét cél egyidejűleg nem érhető el (*Pevetz 1990*).

Konfliktus alakulhat ki a helyi (üzem) és az állami célok között. A gazda lassan teljes kontroll alá kerül. Vetésterületét légi fotókkal, helikopterekkel figyelik. Állatállományát hivatalnokok írják elő és ellenőrzik. Nem szabad azonban

egyoldalúan büntetni a gazdát, aki évezredek óta a szűkös ételtermelést szolgálta. Az állam változtathat az üzem termelési funkcióin az árarányokon keresztül. Pontosan meg kell fogalmazni az ún. „jó mezőgazdasági gyakorlat” kritériumait, a hozzá vezető eljárásokat, ökológiai határértékeket és az üzemi ajánlásokat.

A sokat hangoztatott „károkozó fizet” elv nem érvényesíthető. A gazda bevételi veszteségeit és extra kiadásait ellensúlyozni kell. Különösen az ökológiailag érzékeny területeken, ahol a gazdaságos termelés feltételeit nem teremtheti meg, elkerülendő a környezetszennyezés. A kukoricatermelés felhagyása akár 100 eFt/ha veszteséget is jelenthet. Hasonlóképpen támogatandó a hígtrágyáról az almos trágyakezelésre való költséges áttérés. Az agrár- és a környezetpolitika összhangjára kell törekedni partneri viszonyt kialakítva a gazdatársadalommal. A mezőgazdálkodás egyidejűleg gazdasági/társadalmi/ökológiai tevékenység. Pragmatikus megoldás nem a vagy-vagy, inkább az is-is legyen kompenzációval. Különben az életképes mezőgazdaságot és élelmiszertermelést veszíthetjük el.

Eredmények

2003-ban egyetlen kaszálás történt, június 2-án. Az aszályos augusztus és szeptember nem adott betakarításra érdemes sarjút. A 3. éves állomány június elejéig összesen 277 mm csapadékot kapott elméletileg, az előző év szeptemberi 65 mm-t és a téli félév 160 mm hozadékát is beszámítva. Amennyiben az aktív tenyészidőt jelentő március, április, május hónapokat vesszük tekintetbe, a lehullott csapadék összege a három hónap alatt mindösszesen 57 mm volt. Az alacsony szénahozamok arra utaltak, hogy az elméletileg talajban tárolt víznek csak egy része állhatott 2003-ban a növény rendelkezésére, ill. a téli hónapokban mélybe szivárgó víznek a gyepek csak egy részét tudta hasznosítani.

Állománybonitálásaink szerint a gyepek fejlődésére a N-trágyázás bizonyult meghatározónak március 21-én és május 20-án egyaránt. A talaj P és K kínálata érdemi befolyással nem bírt, legfejlettebb állományt a maximális 300 kg/ha/év kezelésben találtuk. Betakarításkor június 2-án mérsékelt P és K hatások is igazolhatóak voltak. A 30 éve trágyázatlan $N_0 P_0 K_0$ kontroll mindössze 1,3 t füvet, ill. 0,6 t szénát, míg az optimális $N_2 P_1 K_1$ kezelés 10,7 t füvet, ill. 4,2 t szénát termelt ha-ént. A kontroll termését az együttes NPK trágyázás tehát 8-szorosára növelte. A zöld fűtermés légszárazanyag tartalma átlagosan 40%-ot tett ki. Mind a P, mind K trágyázás átlagosan 1,0 t fű, ill. 0,4 t szénát többletet adott ha-onként. Az optimális kínálattal a 200 kg/ha/év N, valamint 153 mg/kg AL- P_2O_5 és a 193 mg/kg AL- K_2O ellátottság biztosította (1. táblázat)

A gyepszéna minőségét legkifejezettebben szintén a N trágyázás módosította. A növekvő N kinnálattal mérsékeltén, de igazolhatóan csökkent a szárazanyag, nyersrost, cukor és nyersfehérje a szénában, míg a nyersfehérje és a karotin készlete több mint kétszeresére emelkedett. Az 2. táblázatban bemutatott adatokból látható, hogy a 2003-ban vizsgált, 2 éven át légszáraz állapotban tárolt szénamintákban a karotin mennyisége elenyésző, átlagosan 47 mg/kg körüli értéket mutat. A N kínálata 200 kg/ha/év mennyiségig adva 2,5-szeresére növelte a tartalmat, majd a 300 kg/ha/év N-túlsúly nyomán a szénák karotin készlete ismét csökkenő. Ismeretes, hogy a karotin szintézise mind a N-hiány, mind a N-túlsúly

nyomán gátolt a kiegyensúlyozatlan ásványi táplálás következtében és mennyisége gyorsan visszaeshet a hosszan tárolt anyagban a gyors bomlás eredményeképpen. (Steiger et al. 1959, Voisin 1965, Nehring 1965, Márton és Kádár 1999).

1. táblázat NxP ellátottsági szintek hatása a gyepek fejlődésére és termésére a K kezelések átlagában 2003-ban

| AL – P ₂ O ₅ mg/kg (1) | N trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---|-----------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Bonitálás március 21-én (5) | | | | | | |
| 66 | 1,5 | 3,4 | 4,0 | 4,0 | 0,8 | 3,2 |
| 153 | 1,8 | 3,1 | 4,0 | 4,5 | | 3,3 |
| 333 | 2,3 | 3,9 | 4,1 | 4,6 | | 3,7 |
| 542 | 2,1 | 3,4 | 3,9 | 4,5 | | 3,5 |
| Átlag (4) | 1,9 | 3,4 | 4,0 | 4,4 | 0,4 | 3,4 |
| Bonitálás május 20-án (6) | | | | | | |
| 66 | 1,0 | 3,1 | 3,8 | 4,6 | 0,6 | 3,1 |
| 153 | 1,0 | 2,9 | 4,8 | 4,8 | | 3,3 |
| 333 | 1,0 | 3,6 | 4,4 | 4,6 | | 3,4 |
| 542 | 1,0 | 3,3 | 4,1 | 4,9 | | 3,3 |
| Átlag (4) | 1,0 | 3,2 | 4,3 | 4,7 | 0,3 | 3,3 |
| Zöld fütermés, t/ha június 02-án (7) | | | | | | |
| 66 | 2,1 | 6,6 | 7,3 | 7,6 | 1,0 | 5,9 |
| 153 | 1,9 | 7,4 | 9,6 | 8,9 | | 7,0 |
| 333 | 2,3 | 6,8 | 8,6 | 8,1 | | 6,4 |
| 542 | 1,9 | 7,0 | 9,1 | 8,9 | | 6,7 |
| Átlag (4) | 2,0 | 7,0 | 8,7 | 8,4 | 0,5 | 6,5 |
| Légszáraz széna t/ha június 02-án (8) | | | | | | |
| 66 | 0,8 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 0,4 | 2,3 |
| 153 | 0,7 | 3,0 | 3,8 | 3,4 | | 2,7 |
| 333 | 0,9 | 2,8 | 3,4 | 3,2 | | 2,6 |
| 542 | 0,7 | 2,9 | 3,7 | 3,5 | | 2,7 |
| Átlag (4) | 0,8 | 2,9 | 3,4 | 3,2 | 0,2 | 2,6 |

Megjegyzés: az N₀P₀K₀ kezelés 1,3 t fű, ill. 0,6 t szénát, a legjobb N₂P₁K₁ kezelés 10,7 t fű, ill. 4,2 t szénát termelt ha-ént. A K trágyázás 1,0 t fű, ill. 0,4 t széna terméstöbbletet adott ha-ént. A légszáraz anyag 40%-ot tett ki átlagosan. Bonitálás: 1= igen gyengén, 5= igen jól fejlett állomány.

Table 4: Effect of NxP supply levels on the development and the yield of grass as means of K treatment. Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ mg/kg in the plowlayer (1), N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Scoring of grass stand on March 21st (5), Scoring of grass stand on May 20th (6), fresh grass yield t/ha on June 2nd (7), Air dry hay t/ha on June 2nd (8). Remark: the N₀P₀K₀ control gave 1.3 t/ha grass or 0.6 t/ha hay, while the best N₂P₁K₁ treatment gave 10.7 t/ha grass or 4.2 t/ha hay. The K-fertilization gave 1.0 t/ha grass or 0.4 t/ha hay surpluses. The air-dry matter of grass made up 40%. Scoring: 1=very poorly, 5=very developed stand.

2. táblázat NPK ellátottsági szintek hatása a légszáraz gyepszéna minőségére 2003. 06. 02-án

| jellemzők (1) | Mérték- egység (2) | NPK ellátottsági szintek (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------------|-----|-----|-----|--------------------------|-----------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | | |
| N hatására (PK átlagai) (6) | | | | | | | |
| Szárazanyag (9) | g/kg | 944 | 943 | 935 | 939 | 3 | 940 |
| Nyersrost (10) | g/kg | 295 | 272 | 276 | 280 | 8 | 281 |
| Nyersfehérje (11) | g/kg | 60 | 97 | 135 | 143 | 7 | 109 |
| Összes cukor (12) | g/kg | 77 | 74 | 63 | 57 | 7 | 68 |
| Nyershamu (13) | g/kg | 59 | 50 | 52 | 53 | 4 | 54 |
| Nyerszsír (14) | g/kg | 18 | 27 | 23 | 13 | 3 | 20 |
| Karotin (15) | mg/kg | 24 | 46 | 63 | 55 | 8 | 47 |
| P hatására (NK átlagai) (7) | | | | | | | |
| Nyersrost (10) | g/kg | 279 | 286 | 284 | 276 | 8 | 281 |
| Összes cukor (12) | g/kg | 59 | 69 | 70 | 71 | 7 | 68 |
| K hatására (NP átlagai) (8) | | | | | | | |
| Összes cukor (12) | g/kg | 68 | 62 | 67 | 72 | 7 | 68 |
| Nyershamu (13) | g/kg | 49 | 52 | 55 | 58 | 4 | 54 |

Megjegyzés: a nyersrost 260-310 g/kg, összes cukor 44-82 g/kg között változott a kezelések függvényében

Table 5: effect NPK supply levels on the quality parameters of the hay on June 2nd, 2003. Measured parameters (1), Measuring units (2), NPK supply levels (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Effect of N (means of PK treatments) (6), Effect of P (means of NK treatments) (7), Effect of K (means of NP treatments) (8), Dry matter (9), Crude-fibre (10), Crude-protein (11), Total sugar (12), Crude-ash (13), Crude-fat (14), Carotene (15). Remark: crude-fibre changed between 260-310 g/kg, total sugar changed between 44-82 g/kg as a function of NPK treatments.

A széna nyerszsír tartalmának maximumát a 100 kg/ha/év kezelésben éri el, majd a N kínálatával mennyisége felére zuhan. A P ellátottság javulásával emelkedik a cukor, míg a nyersrost a P túlkínálattal inkább csökken. A K trágyázás is cukornövelő tényező, emellett a nyershamu készletét is emeli. Ismeretes, hogy a kálium elsősorban a szénhidrátok szintézisét segítheti és egyben a legfőbb hamualkotó elem. Megemlítjük, hogy az NxPxK kölcsönhatások függvényében a nyersrost 260-310 mg/kg, míg az összes cukor 44-82 mg/kg tartományban változott (2.táblázat).

A jó minőségű gyepszéna előállításának feltételeit taglalva Nagy (2002) arra utal, hogy a sem a gyepszéna hozama, sem a minősége nem elégíti ki az intenzív gazdálkodásban lévő kérődző állatok igényeit. Jobban kellene az alkalmazott növényélettani kutatások eredményeire támaszkodni és korábbi kaszálásokat beiktatni, mert a minőségi mutatók drasztikusan romlanak a bugahányást követően. A vizsgált réti szénák minősége a 90-es években mindössze 14%-ban volt jónak ítéltető. A jó minőség a szabvány szerint az alábbi paraméterekkel jellemezhető: sz.a. 888, nyersfehérje 143, nyerszsír 26, nyersrost 280 g/kg; NE_m 5,46; NE_g 3,07 MJ/kg szárazanyagra vetítve.

A Várhegyiné (2001. In: Nagy 2002) által ismertetett adatok szerint a gyenge minőségű üzemi szénákban a nyersfehérje 62-96, nyerszsír 11-23, nyersrost 359-370 g/kg értéktartományban volt. Az 2. táblázatban közölt saját adatainkat

minősítve megállapítható, hogy a megfelelő nyersfehérje készletet a széna a 300 kg/ha/év N-trágyázás nyomán éri el. A kívánatos 26 g/kg nyerszsír tartalom a 100 kg/ha/év kezeléshez kötődik. A nyersrost mennyisége általában kielégítette a 280 mg/kg körüli tartalmat a trágyázástól függetlenül. A pillangós nélküli gypszéna minősége igen gyenge N-trágyázás nélkül, limitáló tényező takarmányozástani szempontból a kis nyersfehérje készlet. A N minimuma csökkenthető a pillangósvirágú növények arányának növelésével is a gyepeken.

Bánszky (2002) arról számol be, hogy kísérletében a 18% és 32% pillangóst tartalmazó fűkeverék termése 32-58%-kal, N-hozama 54-107%-kal haladta meg a pillangós nélküli parcellák teljesítményét. Véleménye szerint a pillangósok hazai viszonyok között 60-130 kg/ha/év N-t képesek megkötni, így a gyepeken átlagosan 80-100 kg/ha/év N-műtrágya volna megtakarítható. Szemán (2002) vizsgálatai szerint amennyiben a pillangósok aránya meghaladja vagy eléri a 20-22%-ot, a széna nyersfehérje készlete a kívánatos 140-160 g/kg értékre emelkedhet, mely legalább 150 kg/ha/év N-műtrágyát pótolhat. Csízi és Monori (2005) réti szolonyec talajon 20 t/ha túlérlett juhtrágya alkalmazásával felülvetés nélkül nagyságrenddel, 40% fölé tudta növelni a pillangósok arányát a gyeptársulásban a csapadékos 2004. évben. Ezzel együtt a szénahozam is 28%-kal emelkedett. A 40 t/ha adag további termés-többletbe vezetett.

A N-trágyázás nemcsak a termés tömegét és a tárgyalt minőségi mutatókat befolyásolta alapvetően, hanem a széna vizsgált elemeinek tartalmát is. A N-kínálattal emelkedett a N, Ca, Mg, NO₃-N, Na, Mn, Sr, B, Ba, Ni készlete a szénában. A B és Ba eközben, mintegy a 2-szeresére, NO₃-N 6-szorosára, míg a Na 7-szeresére ugrott a N-kontrollhoz viszonyítva. A növekvő terméssel viszont hígult a P, Zn, Cu és Mo tartalma a növényi szövetekben (3. táblázat). Kérdés, hogy ezek a vál-tozások mennyiben minősíthetők kedvezőnek vagy nemkívánatosnak takarmányozási szempontból. Irodalmi adatok szerint a tejelő tehének számára megfelelő szárazanyagra számítva a 2-3% N; 1-2% K; 0,5-0,7% Ca; 0,2-0,4% P; 0,1-0,2% Mg és Na, ill. 50-160 mg Fe és Mn; 30-50 mg Zn; 8-10 mg Cu; 5-8 mg B; 0,1-0,5 mg Mo; Se és Co összetételű takarmány (Horváth és Prohászka 1976, Finck 1982, Whitehead 1970).

Az irodalmi optimumokkal összevetve kedvezőnek tekinthető a N-tartalom 2% fölé emelkedése, bár a NO₃-N mennyisége megközelíti a megengedett felső határt jelentő 0,25%-ot a maximális N-trágyázással. Kedvezőnek minősíthető úgyszintén a Na és B dúsulása a szénában. A Ca, Mg, Fe, Mn, Mo tartalma megfelelő és változásuk is az optimum tartomány keretei között marad. Ide sorolható a K is, mely a K-kínálat függvényében 1,4-2,4% között változott. A P hígulása nemkívánatos jelenséggé minősülhet, amennyiben 0,2% alá süllyed a tartalom. Már a N-kontroll talajon is hiányzónában van a Zn és a Cu, mely elemek az optimum zóna alsó határértékeinek felét/harmadát érik csak el. A N-túlsúllyal a Zn és Cu hiánya még kifejezettebbé válik (3. táblázat).

A kiegyensúlyozott tápláltsági állapotot, a tápláltság minőségét a tápelemek egymáshoz viszonyított arányai is tükrözik. Így pl. általában kedvezőnek tekintik a 2-3 közötti Ca/P; a 10 körüli N/P, N/S, Cu/Mo; ill. a 100 körüli P/Zn arányát növényélettani és takarmányozástani szempontból egyaránt. A 3. táblázat eredményei szerint a Ca/P és a N/P aránya az optimális felé közelít a N-trágyázás

nyomán. Némileg enyhül a relatív Zn- hiány is, amennyiben az N-kontrollon mért 318 P/Zn arány 200-ra szűkül a 300 kg/ha/év N-kezelésben.

3. táblázat N-trágyázás hatása a légszáraz gypszéna elemtartalmára, 2003. 06. 02.

| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | N-trágyázás, N kg/ha/év (3) | | | | SZD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|--------------------------|------------------|-----------------------------|------|------|------|-----------------------|-----------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| PK kezelések átlagai (6) | | | | | | | |
| N | % | 0,88 | 1,42 | 2,04 | 2,21 | 0,10 | 1,64 |
| Ca | % | 0,46 | 0,52 | 0,62 | 0,63 | 0,05 | 0,56 |
| P | % | 0,35 | 0,20 | 0,18 | 0,18 | 0,02 | 0,23 |
| Mg | % | 0,18 | 0,18 | 0,19 | 0,20 | 0,02 | 0,19 |
| NO ₃ -N | % | 0,04 | 0,04 | 0,15 | 0,24 | 0,02 | 0,12 |
| Na | mg/kg | 129 | 814 | 971 | 947 | 207 | 716 |
| Mn | mg/kg | 80 | 90 | 108 | 110 | 9 | 97 |
| Sr | mg/kg | 11 | 13 | 15 | 16 | 2 | 14 |
| Zn | mg/kg | 11 | 10 | 10 | 9 | 1 | 10 |
| Cu | mg/kg | 4,4 | 4,0 | 4,2 | 3,6 | 0,4 | 4,0 |
| B | mg/kg | 2,5 | 3,1 | 4,7 | 4,8 | 0,5 | 3,8 |
| Ba | mg/kg | 2,6 | 3,7 | 4,9 | 6,2 | 0,7 | 4,3 |
| Ni | mg/kg | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 0,3 | 1,3 |
| Mo | mg/kg | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,1 | 0,5 |

Megjegyzés: As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se általában 0,1 mg/kg méréshatár alatt. A Fe átlagosan 160 mg/kg koncentrációt mutatott a kezelésektől függetlenül

Table 6: Effect of fertilization on the element content of hay on June 2nd, 2003. Measured parameters (1), Measuring units (2), N-fertilization, N kg/ha/yr (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Means of PK treatments (6), Remarks: As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se usually under 0.1 mg/kg detection limit. Fe showed 160 mg/kg averaged content.

A talaj P kínálatával emelkedik a P, S, Sr és Ba tartalma a szénában, míg a Zn és B csökken. A hazai szuperfoszfátok vizsgálataink szerint 20-25% Ca, 13% S, 8% P (18% P₂O₅) és 1-2% Sr készlettel rendelkeztek. A szuperfoszfátok Ca-forrás szerepe hasonló meszes talajon természetszerűleg nem tükröződik a növényi összetételben. A S, P és Sr dúsulása visszavezethető eme trágyaszerre. A Zn beépülése gátolt a P-Zn antagonizmus eredményeképpen, így a P-túlsúlyos talajon a Zn-hiány extrémébbé válik. A P/Zn-aránya a kontroll parcellán még kiegyensúlyozott, 130 körüli, bár mindkét elem hiányzónában van. A maximális P-szinten ez az arány a 292 értékre tágul, a Zn- hiány kifejezettebbé válik. A foszfát molibdenát anionantagonizmus eredményeképpen a Mo tartalom felére mérséklődik (4. táblázat).

Mind a P, mind a K kínálatával némileg visszaesik a B és nő a Ba beépülése a szénába. A K hatására kifejezetten javul a K tartalom, valamint csökken az egyéb kationok koncentrációja, mint a Ca, Mg, Na, Sr. A kationantagonizmus tehát jelentős szerepet játszik a növényi összetétel alakulásában. Kísérletünk lehetővé teszi a főbb kölcsönhatások szabatos vizsgálatát is. A pregnánsabb NxP elemek közötti összefüggésekről az 5. táblázat ad áttekintést.

4. táblázat PK ellátottsági szintek hatása a légszáraz gyepszéna elemtartalmára
2003. 06. 02-án

| Elem jele (1) | Mérték- egység (2) | AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg talajban (3) | | | | SZD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|--------------------------|-----------------------|---|------|------|------|-----------------------|-----------|
| | | 66 | 153 | 333 | 542 | | |
| NK kezelések átlagai (6) | | | | | | | |
| S | % | 0,22 | 0,25 | 0,26 | 0,28 | 0,02 | 0,25 |
| P | % | 0,17 | 0,23 | 0,25 | 0,26 | 0,02 | 0,23 |
| Sr | mg/kg | 10,2 | 12,2 | 15,1 | 17,1 | 1,2 | 13,6 |
| Zn | mg/kg | 12,9 | 9,5 | 8,5 | 8,9 | 0,8 | 10,0 |
| B | mg/kg | 4,5 | 3,9 | 3,9 | 3,8 | 0,4 | 4,0 |
| Ba | mg/kg | 3,4 | 3,7 | 4,0 | 4,2 | 0,5 | 3,8 |
| Mo | mg/kg | 0,8 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,1 | 0,5 |
| Elem jele (1) | Mérték- egység (2) | AL-oldható K ₂ O mg/kg talajban (7) | | | | SZD _{5%} (4) | Átlag (5) |
| | | 135 | 193 | 279 | 390 | | |
| PK kezelések átlagai (8) | | | | | | | |
| K | % | 1,35 | 1,78 | 2,12 | 2,42 | 0,19 | 1,92 |
| Ca | % | 0,64 | 0,58 | 0,52 | 0,49 | 0,05 | 0,56 |
| S | % | 0,27 | 0,26 | 0,23 | 0,24 | 0,02 | 0,25 |
| Mg | % | 0,22 | 0,20 | 0,17 | 0,17 | 0,02 | 0,19 |
| Na | mg/kg | 1163 | 942 | 460 | 298 | 207 | 716 |
| Sr | mg/kg | 15 | 14 | 13 | 12 | 2 | 14 |
| B | mg/kg | 4,8 | 4,2 | 3,6 | 3,6 | 0,4 | 4,0 |
| Ba | mg/kg | 3,3 | 3,7 | 3,9 | 4,4 | 0,5 | 3,8 |

Table 7: Effect of P and K supply levels on the element content of hay on June 2nd, 2003. Measured element (1), Measuring units (2), Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ mg/kg in plowlayer (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Means NK treatments (6), Ammoniumlactate (AL) soluble K₂O mg/kg in plowlayer (7), Means of PK treatments (8).

Amint a táblázat adataiból kitűnik, P-hiányos talajon a N-trágyázás serkenti a Zn felvételét. A talaj P-kínálatával sem mérséklődik a Zn beépülése, amennyiben N hiánya áll fenn. Csak az együttes NP trágyázás nyomán következik be a hígulás, amikor a természetes megnégyszereződik, de a talaj nem képes a megfelelő Zn-szolgáltatást biztosítani. A Ba felvételében viszont a pozitív NxP kölcsönhatások nyilvánulnak meg. Az együttes NP kínálattal nemcsak a szénahozam nő, hanem a Ba koncentrációja is, a talaj Ba-szolgáltatása nem akadályozza a felvételt. Hasonló a helyzet a Cu esetében. Ezzel szemben a Mo beépülését illetően a Zn elemre elmondottak érvényesek (5. táblázat).

A meghatározó N-trágyázás hatására hatványosan nőtt az 1 ha-ról felvett elemek tömege. A N-kontrollhoz viszonyítva a N és Cu pl. 10-szeres, míg a Na 30-szoros akkumulációt mutatott. A fajlagos, azaz az 1 t szénába épült elemek mennyisége az alábbi tartományban változott a N-szintek függvényében: K 15-25 kg, N 9-22 kg, Ca 4-6 kg, S 2,3-2,6 kg, P 1,9-3,5 kg, Mg 1,8-2,0 kg, Na 0,1-0,9 kg. A vizsgált mikroelemek fajlagos készlete szintén jelentős eltéréseket mutatott: Fe 120-185 g, Al 100-144 g, Mn 79-112 g, Sr 11-16 g, Zn 9-11 g, Cu 2-6, Ba 2-5, B 4-5 g, Ni 1,0-1,6 g. Az As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se általában 1 g/ha mérési határ alatt maradt (6. táblázat).

5. táblázat NxP ellátottsági szintek hatása a légszáraz gyepszéna összetételére
2003. 06. 02-án

| 2003: 66, 153, 333, 542-án | | | | | | |
|---|-----------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (1) | N trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SZD _{5%} (3) | Átlag (4) |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Zn mg/kg | | | | | | |
| 66 | 12 | 11 | 15 | 14 | 2 | 13 |
| 153 | 11 | 9 | 9 | 9 | | 10 |
| 333 | 10 | 9 | 8 | 8 | | 9 |
| 542 | 11 | 9 | 7 | 7 | | 9 |
| Átlag | 11 | 10 | 10 | 9 | 1 | 10 |
| Ba mg/kg | | | | | | |
| 66 | 2,6 | 3,1 | 4,4 | 3,3 | 1,0 | 3,4 |
| 163 | 2,6 | 3,1 | 4,8 | 4,4 | | 3,7 |
| 333 | 2,5 | 3,4 | 4,5 | 5,5 | | 4,0 |
| 542 | 2,4 | 2,9 | 5,2 | 6,1 | | 4,2 |
| Átlag | 2,5 | 3,1 | 4,7 | 4,9 | 0,5 | 3,8 |
| Cu mg/kg | | | | | | |
| 66 | 2,6 | 3,8 | 5,0 | 4,6 | 1,3 | 4,0 |
| 153 | 2,6 | 3,7 | 4,9 | 5,2 | | 4,1 |
| 333 | 2,6 | 3,5 | 4,8 | 6,2 | | 4,3 |
| 542 | 2,6 | 3,6 | 4,8 | 8,6 | | 4,9 |
| Átlag | 2,6 | 3,7 | 4,9 | 6,2 | 0,6 | 4,3 |
| Mo mg/kg | | | | | | |
| 66 | 0,4 | 0,9 | 1,1 | 0,9 | 0,2 | 0,8 |
| 153 | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | | 0,4 |
| 333 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | | 0,4 |
| 542 | 0,7 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | | 0,4 |
| Átlag | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,1 | 0,5 |

Table 8: Effect of NxP supply levels on the element content of hay on June 2nd, 2003. Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ mg/kg in plowlayer (1), N fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4).

Ahhoz, hogy a tartós műtrágyázás termésre és elemfelvételre gyakorolt hatásait érzékeltesük, a 64 kezeléssel kísérletből 5 kezelést emeltünk ki a 7. táblázatban:

1. Abszolút kontroll, 30 éve semminemű trágyázásban nem részesült (N₀P₀K₀)
2. Egyoldalúan csak mérsékelt N- trágyázott 100 kg/ha/év adagban (N₁P₀K₀)
3. Mérsékelt 100 kg/ha/év N- adag közepes PK- ellátottságon (N₁P₁K₁)
4. Kielégítő 200 kg/ha/év N- adag kielégítő PK- ellátottságon (N₂P₂K₂)
5. Tápanyagbőség 300 kg/ha/év N- adag és túlzott/káros PK- ellátottság (N₃P₃K₃)

6. táblázat N ellátottsági szintek hatása a gyep elemfelvételére 2003.06.02-án

| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | N-trágyázás, N kg/ha/év (3) | | | | SZD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|--------------------------|------------------|-----------------------------|------|------|------|-----------------------|-----------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| PK kezelések átlagai (6) | | | | | | | |
| K | kg/ha | 16,3 | 55,1 | 62,6 | 62,7 | 8,5 | 49,2 |
| N | kg/ha | 7,0 | 40,6 | 69,6 | 71,6 | 4,0 | 47,2 |
| Ca | kg/ha | 3,6 | 15,0 | 20,7 | 20,4 | 1,7 | 14,9 |
| S | kg/ha | 2,1 | 6,6 | 8,5 | 8,2 | 0,7 | 6,4 |
| P | kg/ha | 2,8 | 5,6 | 6,4 | 6,0 | 0,5 | 5,2 |
| Mg | kg/ha | 1,4 | 5,1 | 6,8 | 6,3 | 0,6 | 4,9 |
| Na | kg/ha | 0,1 | 2,3 | 3,2 | 3,0 | 0,7 | 2,2 |
| Fe | g/ha | 124 | 359 | 628 | 577 | 120 | 422 |
| Al | g/ha | 115 | 285 | 476 | 429 | 118 | 326 |
| Mn | g/ha | 63 | 258 | 365 | 359 | 38 | 262 |
| Sr | g/ha | 9 | 37 | 51 | 50 | 4 | 37 |
| Zn | g/ha | 9 | 27 | 32 | 30 | 3 | 24 |
| Cu | g/ha | 2 | 10 | 17 | 20 | 3 | 12 |
| Ba | g/ha | 2 | 9 | 16 | 16 | 2 | 11 |
| B | g/ha | 3 | 13 | 14 | 12 | 2 | 10 |
| Ni | g/ha | 1 | 3 | 4 | 5 | 1 | 3 |

Megjegyzés: As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se általában 1g/ha mérési határ alatt maradt

Table 9: Effect of N fertilization on the element uptake of hay on June 2nd, 2003. Measured element (1), Measuring unit (2), N-fertilization, N kg/ha/yr (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Means of PK treatments (6), Remarks: As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se usually under 1 g/ha detection limit.

A szénahozamok arra utalnak, hogy a termés nagyságát ebben a száraz évben döntően a N-szintek alakították, a kontrollon mért 0,6 t/ha szénatermés 6-szorosára nőtt a bőséges NPK kínálattal, elérve a 3,7 t/ha mennyiséget. Ugyanitt a K 10-117 kg, N kereken 5-87 kg, Ca 2-24 kg, S 2-10 kg, P 2-8 kg, Mg 1-8 kg, Na 0,1-2,9 kg között változott ha-ként. Hasonlóképpen nagyságrenddel nőtt a Fe, Al, Mn, Sr, Cu, és a Ba felvett tömege a bőséges NPK műtrágyázás eredményeképpen. A Zn maximális felvételét az N₁P₀K₀ kezelésben érte el, 37 g/ha tömeget, mivel a P trágyázás hatására a széna Zn-tartalma erőteljesebben csökkent, mint ahogyan a széna termése nőtt (7. táblázat).

A tervezett termés elemszükségletének és trágyaigényének becsléséhez elengedhetetlen az 1t szénatermésben foglalt fajlagos elemtartalom ismerete. Kísérletünk átlagában 2003-ban az alábbi fajlagosokat kaptuk: K 19 kg, N 18 kg, Ca 6 kg, S 2-3 kg, P és Mg 2 kg. A fajlagos mikroelem tartalmak nem adhatnak közvetlen információt a trágyázási szaktanácsadás számára, amennyiben a mikroelemek pótlása nem a kivont mennyiségük alapján történik. Felvételüket általában nem a talajtani mennyiségük korlátozza, hanem a felvehetőséget befolyásoló talajtényezők. Elsősorban a talaj reakcióállapota, valamint a felvétel során növényben lejátszódó szinergizmusok és antagonizmusok. Fontos azonban ismeretük, hiszen tükrözik a növény tápláltsági állapotát és diagnosztikai információt hordoznak. Takarmányozástani/életteni szempontból pedig

befolyásolják az állatok egészségét, teljesítőképességét és az állati termékek minőségét.

7. táblázat Különböző NPK ellátottsági szintek hatása a gyep szénatermésére és az ásványi elemek felvételére 2003. 06. 02-án

| Vizsgált jellemző(1) | Mértékegység(2) | NPK ellátottsági szintek, ill. kombinációk (3) | | | | | SZD _{5%} (4) |
|----------------------|-----------------|--|--|--|--|--|-----------------------|
| | | N ₀ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₁ K ₁ | N ₂ P ₂ K ₂ | N ₃ P ₃ K ₃ | |
| Széna (5) | t/ha | 0,6 | 2,7 | 2,8 | 3,5 | 3,7 | 0,8 |
| K | kg/ha | 10,2 | 34,8 | 53,0 | 76,9 | 116,9 | 36,8 |
| N | kg/ha | 4,6 | 42,0 | 42,0 | 70,1 | 87,5 | 16,0 |
| Ca | kg/ha | 2,3 | 14,1 | 13,7 | 19,1 | 23,8 | 6,7 |
| S | kg/ha | 2,0 | 5,3 | 6,0 | 9,0 | 10,3 | 5,6 |
| P | kg/ha | 1,6 | 3,2 | 5,7 | 7,1 | 7,8 | 2,0 |
| Mg | kg/ha | 1,0 | 5,7 | 5,2 | 6,5 | 7,8 | 2,2 |
| Na | kg/ha | 0,1 | 3,7 | 1,9 | 2,9 | 2,1 | 1,8 |
| Fe | g/ha | 81 | 254 | 385 | 490 | 1157 | 480 |
| Al | g/ha | 76 | 162 | 294 | 301 | 927 | 470 |
| Mn | g/ha | 45 | 292 | 238 | 352 | 575 | 152 |
| Sr | g/ha | 4 | 22 | 33 | 52 | 61 | 15 |
| Zn | g/ha | 8 | 37 | 29 | 26 | 36 | 11 |
| Cu | g/ha | 2 | 11 | 12 | 17 | 21 | 10 |
| Ba | g/ha | 1 | 6 | 7 | 15 | 29 | 7 |
| B | g/ha | 2 | 13 | 11 | 11 | 12 | 5 |
| Ni | g/ha | 1 | 5 | 5 | 4 | 6 | 2 |

Table 10: Effect of different NPK supply levels on the yield and element uptake of mineral elements on June 2nd, 2003. Measured characteristics (1), Measuring units (2), NPK supply levels and combinations (3), LSD_{5%} (4), Hay (5).

Összefoglalás

- A száraz 2003. évben egy kaszálásra került sor június 2-án. A 30 éve trágyázatlan kontroll 1,3 t fű, ill. 0,6 t szénatermést adott ha-ként. A maximális 10,7 t fű, ill. 4,2 t szénatermést a 200 kg/ha/év N, valamint a 153 mg/kg AL-P₂O₅ és a 193 mg/kg AL-K₂O közepes PK-ellátottság biztosította. Az átlagos N-hatás 2,6 t/ha, az átlagos P- és K-hatás 0,4-0,4 t/ha széna terméstöbbletet adott. A maximális terméshez kötődő „megfelelő” szénaösszetételt a 2% körüli N; 0,2% körüli P és az 1,8% körüli K koncentráció jelezte növénydiagnosztikai szempontból.

- A meghatározó N-trágyázás nyomán csökkent a széna szárazanyag, nyersrost, cukor és nyershamu tartalma, míg a nyersfehérje és karotin készlete 2-2,5-szeresére nőtt. A nyerszsír maximumát az N₁ szinten találtuk, majd a N-túlsúly nyomán mennyisége a szénában felére csökkent. A P trágyázás igazolhatóan növelte az összes cukor, míg a K-trágyázás az összes cukor és nyershamu tartalmakat. A nyersrost 260-310, nyersfehérje 60-143, összes cukor 44-82, nyershamu 40-60, nyerszsír 13-27 g/kg között változott a kezelések függvényében.

- A pillangós nélküli gyep kevés és gyenge minőségű szénát adott N-trágya nélkül. Megfelelő nyersfehérje tartalmat (140 g/kg) a 300 kg/ha/év N-trágyázással lehetett

elérni. Limitáló tényező takarmányozástani szempontból a nyersfehérje hiánya lehet, mely a N-nélküli parcellán mindössze 60 g/kg értéket tett ki.

- A N-kínálattal nőtt a széna N, Ca, Mg, $\text{NO}_3\text{-N}$, Na, Mn, Sr, B, Ba, Ni tartalma. A B és Ba 2-szeres, $\text{NO}_3\text{-N}$ 6-szoros, Na 7-szeres akkumulációt jelzett. A növekvő terméssel ugyanakkor hígult a P, Zn, Cu, Mo koncentrációja. A P- trágyázás a P, S, Sr, Ba elemek beépülését serkentette, míg a Zn, B, Mo elemekét gátolta. A K trágyázás nyomán nőtt a K és Ba, valamint csökkent az antagonista Ca, Mg, Na, Sr kationok és a S, B elemek beépülése. A széna minőségét rontja, hogy a Zn a kívánatos tartalomnak 1/3-át, míg a Cu felét teheti ki trágyázatlan talajon és az NP-trágyázással az abszolút és relatív Zn és Cu hiánya erősödhet.

- A műtrágyázás nagyságrendi változásokat okozott az egyes elemek ha-onként felvett mennyiségben. Az 1 t szénában épült „fajlagos” elemkészlet az alábbiak szerint változott a kezelések függvényében: K 15-25 kg, N 9-22 kg, Ca 4-6 kg, S 2,3-2,6 kg, P 1,9-3,5 kg, Mg 1,8-2,0 kg, Na 0,1-0,9 kg, Fe 120-185 g, Al 100-144 g, Mn 79-112 g, Sr 10-20 g, Zn 7-15 g, Cu 2-6 g, Ba 2-5 g, B 4-5 g, Ni 1,0-1,6 g. Az As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se általában 1 g/ha méréshatár alatt maradt. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a gyepszéna elemigényének megítélésénél.

Kádár I. (2007): Fertilization responses in an all-grass trial in 2003 (Summary)

- In this dry year there was only one cut harvested on June 2nd, 2003. The unfertilized control plots yielded 1.3 t/ha grass (0.6 t/ha hay), while the maximum 10.7 t/ha grass (4.2 t/ha hay) was harvested on the 200 kg/ha/yr N-treatment with satisfactory 153 mg/kg ammonlactate (AL) soluble P_2O_5 and 193 mg/kg AL- K_2O supply levels in the plow layer. The average N-response was 2.6 t/ha hay surplus, while the P-and K-responses made up to 0.4-0.4 t/ha hay surpluses each.

- The optimum NPK content in the hay, leading to maximum yield, amounted about 2% N, 0.2% and 1.8% K. These values might be used for plant diagnostic purposes in the fertilizer recommendation works.

- As an effect of the decisive N-responses, the content of D.M., crude-fibre, total sugar, and crude-ash decreased, while the content of crude-protein and carotene increased 2-2.5-fold compared to the control. The crude-fat showed the maximum value on the 100 kg/ha/yr treatment, than its content dropped down again to the half in the hay with the increasing N-abundance. The P-fertilization stimulated the accumulation of the total sugar, while the K-fertilization that of both the sugar and crude-ash. As a function of the NPK treatments, the quality parameters showed high as follows: crude-fibre 260-310 g/kg, crude-protein 60-143 g/kg, total sugar 44-82 g/kg, crude-ash 40-60 g/kg, and crude-fat 13-27 g/kg.

- The all grass sward gave little and bad quality hay without N-fertilization. The satisfactory crude-protein content (140 g/kg) was reached only the 300 kg/ha/yr N-rate. The crude-protein deficit seems to be a limiting factor from the point of animal nutrition, which amounted just to 60 g/kg on the N-control plots.

- The concentration of N, Ca, Mg, $\text{NO}_3\text{-N}$, Na, Mn, Sr, B, Ba, and Ni enhanced together with the N-supply. So, the B and Ba indicated 2-fold, $\text{NO}_3\text{-N}$ 6-fold, while Na 7-fold enrichment in the hay. The same time as the hay yield increased, the content of P, Zn, Cu and Mo dropped down in the hay showing a dilution effect. The P-fertilization stimulated the uptake of P, S, Sr, Ba, while accumulation of Zn,

B and Mo was inhibited. The K-fertilization stimulated the build-in of K and Ba, while reduced the transport of the antagonistic cations like Ca, Mg, Na, Sr and elements S and B. The quality of the hay seems to be low because of the low Zn and Cu content. Even on the unfertilized control plots, the Cu content reaching only half, while the Zn content 1/3-rd of the optima values. The deficit of these elements in hay grows further with the NP-fertilization.

- The different NPK supply levels and combinations gave rise to one order of magnitude high changes in per hectare element uptake. The amounts of elements build-in 1 t hay varied as a function of NPK treatments the following way: K 15-25 kg, N 9-22 kg, Ca 4-6 kg, S 2.3-2.6 kg, P 1.9-3.5 kg, Mg 1.8-2.0 kg, Na 0.1-0.9 kg, Fe 120-185 g, Al 100-144 g, Mn 79-112 g, Sr 10-20 g, Zn 7-15 g, Cu 2-6 g, B 4-5 g, Ba 2-5 g, Ni 1.0-1.6 g. The uptake of As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se usually left behind the 1 g/ha detection limit. These data may serve for assessment of the element requirement of an established all grass sward.

4. Műtrágyahatások vizsgálata a 4. éves gyepen 2004-ben

4.1. A termés és elemtartalom

Eredmények

Ami a csapadékelátottságot illeti, az alábbiakra utalunk. Januárban 32, februárban 46, márciusban 61, áprilisban 88 mm esőt kapott a kísérleti terület. Az első kaszálás május 11-én történt, tehát 2004 első 4 hónapjában összesen 227 mm csapadékkal rendelkezhetett a gyepterület. Az előző 2003. évben az egyetlen kaszálás június elején történt, majd év végéig még 218 mm csapadék hullott, melynek egy részét az anyaszéna hasznosíthatta 2004-ben. A 2004. évi 2. kaszálásra július 19-én került sor. A sarjűszéna tenyészideje tehát 9 hetet tett ki, mely idő alatt májusban 28, júniusban 113 mm eső esett.

Az 1. táblázatban a N-trágyázás hatása tanulmányozható a gyepterület fejlődésére és termésére a PK-kezelések átlagában. Amint az adatokból látható, a N hiánya igen gyengén, míg a N-bőség igen jól fejlett állományt eredményezett mindkét kaszálás idején, állománybonításaink szerint. A N-kínálattal együtt a 1. kaszáláskor 2,2-szeresére, míg a 2. kaszáláskor 2,6-szorosára nőtt az átlagos növény-magasság. Ezzel együtt drasztikusan csökkent a fű légszárazanyag %-a az anyaszénában. A zöldfű-termés a N-kontrollhoz viszonyítva az 1. kaszáláskor közel 5-szörösére, a 2. kaszáláskor 8,8-szorosára ugrott. A szénahozam a 31 éve N-nel nem trágyázott parcellákon mindössze 1,6 t/ha, a N-nel bőségesen ellátottnak 7,8 t/ha mennyiséget tett ki. A N-hiány különösen kifejezetté vált a sarjűben, ahol a N-kontroll parcella szénahozama az anyaszéna 1/3-át tette ki.

Leggazdaságosabbnak a 100 kg/ha/év N-adag bizonyult, ahol 1 kg N-re 40 kg széna, ill. 185 kg zöld fű többlettermés jutott. A második 100 kg/ha/év N-adagot döntően a sarjűszéna hálálta meg 16 kg széna/kg N többletterméssel. A harmadik növekvő 100 kg/ha/év N, azaz az évente kiadott 300 kg/ha N-szint már gazdaságtalannak bizonyult. A széna többlet összesen mindössze 4 kg-ot, a fű többlet-termése 15 kg-ot tett ki a 200 kg/ha/év N-szinthez viszonyítva (1. táblázat).

1. táblázat N-trágyázás hatása a gyep fejlődésére és termésére 2004-ben a PK-kezelések átlagában.

| Vizsgált jellemzők (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SZD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---|-----------------------------|------|------|------|-----------------------|-----------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Bonitálás (1=igen gyengén, 5=igen jól fejlett állomány) (5) | | | | | | |
| 1. kaszálás (12) | 1,0 | 4,3 | 4,7 | 4,7 | 0,3 | 3,7 |
| 2. kaszálás (13) | 1,1 | 2,8 | 4,9 | 5,0 | 0,3 | 3,4 |
| Átlagos növénymagasság, cm (6) | | | | | | |
| 1. kaszálás (12) | 28,2 | 61,2 | 61,3 | 61,5 | 3,1 | 53,1 |
| 2. kaszálás (13) | 18,5 | 32,4 | 44,4 | 48,3 | 3,2 | 35,9 |
| Légszáranyag, % (7) | | | | | | |
| 1. kaszálás (12) | 25,8 | 20,9 | 20,1 | 20,3 | 1,0 | 21,8 |
| 2. kaszálás (13) | 33,1 | 33,4 | 33,4 | 32,2 | 1,0 | 33,0 |
| Zöld fűtermés, t/ha (8) | | | | | | |
| 1. kaszálás (12) | 4,6 | 19,9 | 21,7 | 21,8 | 1,1 | 17,0 |
| 2. kaszálás (13) | 1,2 | 4,4 | 9,2 | 10,6 | 0,6 | 6,4 |
| Összesen (14) | 5,8 | 24,3 | 30,9 | 32,4 | 1,2 | 23,4 |
| Légszár széna, t/ha (9) | | | | | | |
| 1. kaszálás (12) | 1,2 | 4,1 | 4,3 | 4,4 | 0,3 | 3,5 |
| 2. kaszálás (13) | 0,4 | 1,5 | 3,1 | 3,4 | 0,2 | 2,1 |
| Összesen (14) | 1,6 | 5,6 | 7,4 | 7,8 | 0,4 | 5,6 |
| Légszár széna többlete, t/ha (10) | | | | | | |
| 1. kaszálás (12) | - | 2,9 | 3,1 | 3,2 | 0,3 | 3,1 |
| 2. kaszálás (13) | - | 1,1 | 2,7 | 3,0 | 0,2 | 2,3 |
| Összesen (14) | - | 4,0 | 5,8 | 6,2 | 0,4 | 5,4 |
| 1 kg N-re jutó szénahozam, kg (11) | | | | | | |
| 1. kaszálás (12) | - | 29 | 2 | 1 | 3 | 11 |
| 2. kaszálás (13) | - | 11 | 16 | 3 | 2 | 10 |
| Összesen (14) | - | 40 | 18 | 4 | 4 | 21 |

Table 1: Effect of N fertilization on the development and yield of grass in 2004. Means of PK treatments. Measured parameters (1), N fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Scoring (1=very poorly developed, 5= very well developed stand) (5), Average plant height, cm (6), Air dried matter of grass, % (7), Fresh grass, t/ha (8), Hay yield, t/ha (9), Hay surplus, t/ha (10), Surplus hay kg/kg N (11), 1st. Cut (12), 2nd. Cut (13), Together (14).

A 2. táblázatban a talaj a P-ellátottságának hatását mutatjuk be a gyep fejlődésére és termésére az NK-kezelések átlagában. Bonitálásaink szerint a P-ral gyengén ellátott 31 éve P-ral nem trágyázott talajhoz képest a „közepes” P-ellátottságot prezentáló 153 mg/kg AL-oldható P₂O₅ tartalom elégitette ki az anyaszéna P-igényét. A 2. kaszálás idején a P-hatások már nem igazolhatók, ill. elenyészőek. Mindezen megállapítások lényegében fennállnak az átlagos növénymagasságot illetően is. A 2. kaszálás idején érvényesült a P-trágyázás érést gyorsító, öregítő hatása, melyet a légszáranyag növelése jelez a fűben. Erre vezethető vissza, hogy a fűtermés mérsékelten visszaesik a P-trágyázás nyomán. Összességében a P-kontrollhoz képest a P₁ közepes P-ellátottság kerekén 5 t/ha zöld fű, ill. 1 t/ha széna többletet adott. A P-ellátottság további növelése terméstöbbletet nem eredményezett.

2. táblázat A P-ellátottsági szintek hatása a gyep fejlődésére és termésére 2004-ben az NK kezelések átlagában

| Vizsgált jellemzők (1) | Ammoniumlaktát oldható P ₂ O ₅ mg/kg (2) | | | | SZD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---|--|------|------|------|-----------------------|-----------|
| | 66 | 153 | 333 | 542 | | |
| Bonitálás (1=igen gyengén, 5=igen jól fejlett állomány) (5) | | | | | | |
| 1. kaszálás (10) | 3,2 | 3,9 | 3,8 | 3,8 | 0,3 | 3,7 |
| 2. kaszálás (11) | 3,5 | 3,4 | 3,5 | 3,3 | 0,3 | 3,4 |
| Átlagos növénymagasság, cm (6) | | | | | | |
| 1. kaszálás (10) | 48,6 | 54,8 | 55,2 | 53,6 | 3,1 | 53,1 |
| 2. kaszálás (11) | 34,2 | 34,9 | 37,3 | 37,2 | 3,2 | 35,9 |
| Légszárazanyag, % (7) | | | | | | |
| 1. kaszálás (10) | 22,3 | 21,5 | 21,7 | 21,5 | 1,0 | 21,8 |
| 2. kaszálás (11) | 31,6 | 32,7 | 34,0 | 33,8 | 1,0 | 33,0 |
| Zöld fűtermés, t/ha (8) | | | | | | |
| 1. kaszálás (10) | 12,5 | 18,6 | 18,6 | 18,5 | 1,1 | 17,0 |
| 2. kaszálás (11) | 7,2 | 6,4 | 5,8 | 6,1 | 0,6 | 6,4 |
| Összesen (12) | 19,7 | 25,0 | 24,4 | 24,6 | 1,2 | 23,4 |
| Légszár szén, t/ha (9) | | | | | | |
| 1. kaszálás (10) | 2,7 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 0,3 | 3,5 |
| 2. kaszálás (11) | 2,2 | 2,1 | 2,0 | 2,1 | 0,2 | 2,1 |
| Összesen (12) | 4,9 | 5,9 | 5,8 | 5,9 | 0,4 | 5,6 |

Table 2: Effect of P supply levels on the development and yield of grass in 2004. Means of PK treatments. Measured parameters (1), Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ in plowlayer, mg/kg (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Scoring (1= very poorly developed, 5=very well developed stand) (5), Average plant height, cm (6), Air dried matter of grass, % (7), Fresh grass, t/ha (8), Hay yield, t/ha (9), 1st cut (10), 2nd cut (11), Together (12).

A 31 éve K-mal nem trágyázott K-kontroll vályogtalaj „közepesen” ellátottnak tekinthető a 135 mg/kg AL-K₂O értéke alapján. Bonitálásaink szerint a gyep igényelte a 193 mg/kg AL-K₂O „jó” K-ellátottságot az 1. kaszálás idején. A 2. kaszáláskor K-hatás már nem volt igazolható, viszont nőtt az átlagos növénymagasság a K-kínálattal mindkét kaszáláskor. A légszáranyag tartalom ezzel egyidejűleg visszaesett. Ismeretes, hogy a K-bőség javítja a növény vízgazdálkodását és a N-hez hasonlóan élettanilag fiatalabb, nedvesebb szöveteket eredményez. A zöld fűtermés még a 390 mg/kg AL-K₂O készlet felett is emelkedő tendenciát jelzett. A szén kontrollhoz viszonyított többlethozama azonban mindössze 0,5 t/ha mennyiséget tett ki a két kaszálás összegében. A 193 mg/kg AL-K₂O ellátottság felett igazolható többlet már nem jelentkezett (3. táblázat).

A maximális N-trágyázás az anyaszéna N tartalmát közel kétszeressé, a NO₃-N készletét 7,5-szeressé növelte a N-kontrollhoz képest. A NO₃-N forma a N-kontroll talajon az összes N alig 4%-át, míg a 300 kg/ha/év kezelésben közel 15%-át tette ki. Már a 200 kg/ha/év kezelésben meghaladta a NO₃-N mennyisége a 0,25%-os, takarmányozási szempontból nemkívánatos határértéket. A N-bőség növelte tehát a nemfehérje-N részarányát. Egy nagyságrenddel nőtt a Na koncentrációja is a N-kínálattal. A N-trágyázás serkentőleg hatott még a Ca, S, Mg, Sr, Cu és Ba, valamint a növekvő termésben hígulását okozta a Fe, Mn, Al, és

Mo elemeknek. A Ni tartalma 1,4 mg/kg átlagos mennyiséget jelzett a kezelésektől függetlenül, míg az As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se elemek koncentrációja általában 0,1 mg/kg kimutathatósági határ alatt maradt (4. táblázat).

3. táblázat A K-ellátottsági szintek hatása a gyep fejlődésére és termésére 2004-ben, az NP-kezelések átlagában

| Vizsgált jellemzők (1) | Ammoniumlaktát oldható K ₂ O mg/kg (2) | | | | SZD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---|---|------|------|------|-----------------------|-----------|
| | 135 | 193 | 279 | 390 | | |
| Bonitálás (1=igen gyengén, 5=igen jól fejlett állomány) (5) | | | | | | |
| 1. kaszálás (10) | 3,3 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 0,3 | 3,7 |
| 2. kaszálás (11) | 3,5 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 0,3 | 3,4 |
| Átlagos növénymagasság, cm (6) | | | | | | |
| 1. kaszálás (10) | 49,3 | 53,7 | 54,4 | 54,8 | 3,1 | 53,1 |
| 2. kaszálás (11) | 33,4 | 36,2 | 36,6 | 37,5 | 3,2 | 35,9 |
| Légszárazanyag, % (7) | | | | | | |
| 1. kaszálás (10) | 22,9 | 21,8 | 21,4 | 20,9 | 1,0 | 21,8 |
| 2. kaszálás (11) | 33,6 | 33,2 | 32,8 | 32,4 | 1,0 | 33,0 |
| Zöld fűtermés, t/ha (8) | | | | | | |
| 1. kaszálás (10) | 14,3 | 17,3 | 17,9 | 18,6 | 1,1 | 17,0 |
| 2. kaszálás (11) | 5,9 | 6,2 | 6,6 | 6,8 | 0,6 | 6,4 |
| Összesen (12) | 20,2 | 23,5 | 24,5 | 25,4 | 1,2 | 23,4 |
| Légszáraz széna, t/ha (9) | | | | | | |
| 1. kaszálás (10) | 3,2 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 0,3 | 3,5 |
| 2. kaszálás (11) | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 0,2 | 2,1 |
| Összesen (12) | 5,2 | 5,7 | 5,7 | 5,8 | 0,4 | 5,6 |

Table 3: Effect of K supply levels on the development and yield of grass in 2004. Means of PK treatments. Measured parameters (1), Ammoniumlactate (AL) soluble K₂O in plowlayer (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Scoring (1= very poorly developed, 5=very well developed stand) (5), Average plant height, cm (6), Air dried matter of grass, % (7), Fresh grass, t/ha (8), Hay yield, t/ha (9), 1st cut (10), 2nd cut (11), Together (12).

A talaj növekvő P-kínálata javította a Ca, P, S, Sr és Ba, illetve gátolta a Cu és Mo beépülését az anyaszénába. Az alkalmazott szuperfoszfát műtrágya elemzéseink szerint 20-25% Ca, 13-15% S, 9-11% P, és 1-2% Sr készlettel rendelkezett, tehát Ca, P, S, és Sr trágyaszernek is minősült. A foszfát- molibdenát anionantagonizmus tükröződik a Mo-felvétel gátlásában. Nem ismeretlen a P-Cu elemek közötti antagonizmus sem a szakirodalomban. A K-trágyázás segítette a K, N, NO₃-N és a Zn akkumulációját a szénában, míg főként a Ca, Mg, Na, Mn, Sr kationok és a B felvételét gátolta a K-B, ill. az egyéb kationokkal szembeni antagonizmus miatt (5. táblázat).

A 2. kaszálást adó sarjűszéna szegényebb volt K, N, NO₃-N, P, Al, Zn elemekben az anyaszénához viszonyítva. Kiemelkedő a Zn-koncentráció csökkenése, mely az anyaszénában mért 60 mg/kg átlagos értékről 18 mg/kg értékre zuhant. Ugyanakkor a Na és Ni átlagos készlete közelálló volt a két kaszálás idején. Más elemek, mint a Ca, S, Mg, Mn, Fe, Sr, B, Ba és Mo inkább az előregedő sarjűban akkumulálódtak. Az átlagos Mo-tartalom pl. a 0,6 mg/kg értékről 2,2 mg/kg értékre, azaz csaknem 4-szeresére emelkedett. Amint a 6.

táblázatban látható, a N-trágyázás a 2,2 mg/kg Mo átlagértéket jelentősen módosította a 2. kaszálás idején is.

4. táblázat N-trágyázás hatása a légszáraz gyepszéna elemtartalmára 2004. 05. 11-én

| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | N-trágyázás, N kg/ha/év (3) | | | | SZD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|----------------------------|------------------|-----------------------------|------|------|------|-----------------------|-----------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| PK kezelések átlagában (6) | | | | | | | |
| N | % | 1,58 | 2,15 | 2,82 | 3,07 | 0,18 | 2,41 |
| Ca | % | 0,43 | 0,40 | 0,48 | 0,51 | 0,04 | 0,45 |
| S | % | 0,20 | 0,20 | 0,22 | 0,22 | 0,02 | 0,21 |
| NO ₃ -N | % | 0,06 | 0,09 | 0,32 | 0,45 | 0,05 | 0,23 |
| Mg | % | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,18 | 0,02 | 0,16 |
| Na | % | 0,01 | 0,09 | 0,11 | 0,10 | 0,04 | 0,08 |
| Fe | mg/kg | 138 | 102 | 119 | 104 | 24 | 116 |
| Mn | mg/kg | 113 | 107 | 101 | 94 | 9 | 104 |
| Al | mg/kg | 97 | 62 | 66 | 58 | 25 | 71 |
| Sr | mg/kg | 11 | 11 | 13 | 14 | 2 | 12 |
| Cu | mg/kg | 3,1 | 4,5 | 5,3 | 5,6 | 0,3 | 4,6 |
| Ba | mg/kg | 2,2 | 2,6 | 3,3 | 3,4 | 0,7 | 2,9 |
| Mo | mg/kg | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,1 | 0,6 |

Megjegyzés: As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se általában 0,1 mg/kg kimutathatósági határ alatt. A Ni 1,42 mg/kg átlagosan.

Table 4: Effect of N-fertilization on the element content of air-dried hay on 11th May, 2004. Measured element (1), Measuring unit (2), N-fertilization, N kg/ha/yr (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Means of PK treatments. Remarks : As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se usually under 0.1 mg/kg detection limit. Average Ni content 1.42 mg/kg.

A N-kontroll parcellákon mért 4,1 mg/kg Mo koncentráció a N-bőség nyomán fellépő nagyobb terméssel 0,9 mg/kg értékre hígult. A hígulás a legtöbb elem tekintetében nyomon követhető. Ez alól kivétel a N, NO₃-N, Na, Ba, Cu, képezett, ahol az akkumuláció sebessége meghaladta az említett hígulási effektust. A NO₃-N koncentrációja még a 300 kg/ha/év kezelésben sem érte el a nemkívánatos 0,25%-ot a 2. kaszáláskor, a talaj N-szolgáltatása mérséklődött. Az As, Cd, Co, Hg, Pb, Se mennyisége itt is általában a 0,1 mg/kg kimutathatósági határ alatt maradt (6. táblázat).

A P-ellátottság mértéke ugyan a szénahozamokat érdemben nem befolyásolta a 2. kaszálás idején, azonban a széna elemösszetételét igen. Általában igazolhatóan mérsékelte egy sor elem beépülését, mint a K, Mg, Na, Zn, B, Cu, Mo, Cr. A Mo tartalma pl. kevesebb mint a felére esett vissza a P-túlsúly nyomán. Emelkedett viszont a P, S, és Sr készlete a szénában, hiszen a szuperfoszfát P-, S-, és Sr-forrás. A K-trágyázás eredményeképpen a széna gazdagodott K-ban, valamint elszegényedett Ca, Mg, és Na kationokban. A K-túlsúlyt jól jelzik az elemek egymáshoz viszonyított arányainak módosulásai: a K/Ca és K/Mg aránya mintegy a 2-szeresére, míg a K/Na aránya közel a 4-szeresére tárgul a K-bőség nyomán (7. táblázat).

5. táblázat PK ellátottsági szintek hatása a légszáraz gyepszéna elemtartalmára 2004. 05. 11-én.

2004. 03. 11-én.

| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg talajban (3) | | | | SZD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|--------------------------|------------------|---|------|------|------|-----------------------|-----------|
| | | 66 | 153 | 333 | 542 | | |
| NK kezelések átlagai (6) | | | | | | | |
| Ca | % | 0,40 | 0,45 | 0,46 | 0,51 | 0,04 | 0,45 |
| P | % | 0,22 | 0,29 | 0,31 | 0,34 | 0,02 | 0,29 |
| S | % | 0,19 | 0,20 | 0,21 | 0,23 | 0,02 | 0,21 |
| Sr | mg/kg | 7,2 | 10,7 | 13,5 | 17,4 | 1,3 | 12,2 |
| Cu | mg/kg | 5,1 | 4,4 | 4,4 | 4,6 | 0,3 | 4,6 |
| Ba | mg/kg | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 3,4 | 0,7 | 2,9 |
| Mo | mg/kg | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,1 | 0,6 |
| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | AL-oldható K ₂ O mg/kg talajban (7) | | | | SZD _{5%} (4) | Átlag (5) |
| | | 135 | 193 | 279 | 390 | | |
| NP kezelések átlagai (8) | | | | | | | |
| K | % | 1,84 | 2,38 | 2,92 | 3,18 | 0,27 | 2,58 |
| N | % | 2,28 | 2,22 | 2,51 | 2,63 | 0,18 | 2,41 |
| Ca | % | 0,53 | 0,47 | 0,43 | 0,38 | 0,04 | 0,45 |
| S | % | 0,22 | 0,21 | 0,21 | 0,20 | 0,02 | 0,21 |
| NO ₃ -N | % | 0,18 | 0,21 | 0,26 | 0,27 | 0,05 | 0,23 |
| Mg | % | 0,19 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,02 | 0,16 |
| Na | % | 0,14 | 0,11 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,08 |
| Mn | mg/kg | 115 | 102 | 99 | 99 | 9 | 104 |
| Zn | mg/kg | 52 | 56 | 66 | 67 | 12 | 60 |
| Sr | mg/kg | 14 | 13 | 12 | 10 | 2 | 12 |
| B | mg/kg | 2,9 | 2,6 | 2,4 | 2,4 | 0,3 | 2,6 |

Table 5: Effect of PK supply levels on the element content of the air-dried hay 11th May, 2004. Measured element (1), Measuring unit (2), Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ mg/kg in plowlayer (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Means of NK treatments (6), Ammoniumlactate (AL) soluble K₂O, mg/kg in plowlayer (7), Means of NP treatments (8).

A kísérletünk lehetővé teszi, hogy a fontosabb kölcsönhatásokra is bepillantást nyerjünk, melyek az elemek felvétele során lejátszódnak. A 8. táblázatban az NxP kölcsönhatásokat mutatjuk be a Sr és Mo elemek tartalmára. Amint az adatokból látható, a Sr beépülését a P-trágyázás mindkét kaszálás idején jelentősen növelte. Ezzel szemben a N kínálatával az anyaszénában igazolhatóan csak akkor emelkedik a Sr koncentrációja, amennyiben a P túlsúlya érvényesül. A 2. kaszáláskor pedig a N-trágyázás egyértelműen mérsékelte a Sr akkumulációját. A Mo esetében mind a növekvő N, mind a növekvő P kínálata depresszív hatású mindkét kaszálás idején. Az NxP kölcsönhatások nyomán a Mo tartalma az anyaszénában 1,0-0,3 mg/kg, míg a sarjában 4,5-0,4 mg/kg között változik.

6. táblázat N-trágyázás hatása a légszáraz gypszeňa elemtartalmára 2004. 07. 20-án

| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | N-trágyázás, N kg/ha/év (3) | | | | SZD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|--------------------------|------------------|-----------------------------|------|------|------|-----------------------|-----------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| PK kezelések átlagai (6) | | | | | | | |
| K | % | 2,33 | 2,30 | 2,09 | 2,03 | 0,22 | 2,19 |
| N | % | 1,28 | 1,30 | 1,87 | 2,17 | 0,14 | 1,66 |
| Ca | % | 0,82 | 0,70 | 0,63 | 0,65 | 0,07 | 0,70 |
| P | % | 0,40 | 0,29 | 0,21 | 0,20 | 0,02 | 0,27 |
| S | % | 0,38 | 0,22 | 0,21 | 0,20 | 0,02 | 0,25 |
| Mg | % | 0,30 | 0,25 | 0,25 | 0,26 | 0,03 | 0,26 |
| NO ₃ -N | % | 0,04 | 0,04 | 0,10 | 0,19 | 0,02 | 0,09 |
| Na | % | 0,01 | 0,06 | 0,12 | 0,12 | 0,03 | 0,08 |
| Mn | mg/kg | 194 | 196 | 154 | 146 | 21 | 173 |
| Fe | mg/kg | 91 | 60 | 56 | 56 | 7 | 66 |
| Al | mg/kg | 64 | 31 | 19 | 15 | 8 | 32 |
| Sr | mg/kg | 24 | 19 | 18 | 18 | 2 | 20 |
| Zn | mg/kg | 18 | 18 | 17 | 17 | 2 | 18 |
| B | mg/kg | 8,9 | 6,3 | 5,4 | 5,3 | 0,6 | 6,5 |
| Ba | mg/kg | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 5,3 | 0,8 | 5,1 |
| Cu | mg/kg | 4,1 | 3,9 | 5,6 | 6,1 | 0,6 | 4,9 |
| Mo | mg/kg | 4,1 | 2,8 | 1,2 | 0,9 | 0,3 | 2,2 |
| Ni | mg/kg | 2,2 | 1,3 | 1,5 | 1,2 | 0,8 | 1,5 |
| Cr | mg/kg | 0,29 | 0,25 | 0,20 | 0,19 | 0,03 | 0,23 |

Megjegyzés: As, Cd, Co, Hg, Pb, Se általában 0,1 mg/kg kimutathatósági határ alatt.

Table 6: Effect of N-fertilization on the element content of the air dried hay on 20th July, 2004. Measured element (1), Measuring unit (2), N fertilization, N kg/ha/yr (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Means of PK treatments (6). Remarks: As, Cd, Co, Hg, Pb, Se usually under 0.1 mg/kg detection limit.

A kölcsönhatások mértéke tehát időben változó és némileg az iránya is módosulhat. Ugyanazon évben és termőhelyen, két kaszálás adatait figyelembe véve a Sr 7-28 mg/kg közötti, míg a Mo 0,3-4,5 mg/kg közötti koncentrációtartományban mozgott az NxP trágyázás eredményeképpen. A Sr 4-szeres, míg a Mo 15-szörös változásra volt képes. A kölcsönhatások megismerése alapvető fontossággal bírhat mind növénydiagnosztikai, mind takarmányozástani szempontból. Amennyiben pl. a Mo, mint fontos esszenciális tápelem hasonló módon „eltűnik” a takarmányból, a kiegyensúlyozott ellátás biztosítása céljából a takarmányok összetételét rendszeresen ellenőrizni és szükség szerint kiegészíteni szükséges az intenzíven műtrágyázott területeken.

Az NxK ellátottsági szintek Na, Ca, Mg és B elemekre gyakorolt hatásáról a 9. táblázat nyújt áttekintést a P-kezelések átlagában. A Na rendkívül mobilis ion és különösen érzékenyen reagál az NK kínálat módosulására. Az anyaszénában koncentrációja 62-1923 mg/kg tartományban mozgott, több mint 30-szoros változást jelezve. A N-kínálat közel egy nagyságrenddel növelte akkumulációját a szénában, míg a K-trágyázás 1/5-ére mérsékelte. A kálisó 5-10% Na-ot tartalmazhat, tehát Na-forrás is. A növénybeni felhalmozódását döntően mégis a

pétisó N- műtrágya növelte, mely Na-ot csak nyomokban tartalmaz. Meghatározó volt a N-Na szinergizmus, ill. a K-Na antagonizmus.

7. táblázat PK ellátottsági szintek hatása a légszáraz gyepszéna elemtartalmára 2004. 07. 20-án

| 2004. 07. 20-án | | | | | | | |
|--------------------------|------------------|---|------|------|------|-----------------------|-----------|
| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg talajban (3) | | | | SZD _{5%} (4) | Átlag (5) |
| | | 66 | 153 | 333 | 542 | | |
| NK kezelések átlagai (6) | | | | | | | |
| K | % | 2,40 | 2,18 | 2,09 | 2,08 | 0,22 | 2,19 |
| P | % | 0,20 | 0,28 | 0,30 | 0,32 | 0,02 | 0,27 |
| S | % | 0,23 | 0,25 | 0,26 | 0,27 | 0,02 | 0,25 |
| Mg | % | 0,30 | 0,28 | 0,24 | 0,24 | 0,03 | 0,26 |
| NO ₃ -N | % | 0,11 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | 0,02 | 0,09 |
| Na | % | 0,10 | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,03 | 0,08 |
| Sr | mg/kg | 14 | 19 | 21 | 24 | 2 | 20 |
| Zn | mg/kg | 21 | 18 | 16 | 15 | 2 | 18 |
| B | mg/kg | 7,1 | 6,8 | 6,0 | 6,0 | 0,6 | 6,5 |
| Cu | mg/kg | 5,4 | 5,3 | 4,5 | 4,5 | 0,6 | 4,9 |
| Mo | mg/kg | 3,5 | 2,2 | 1,7 | 1,6 | 0,3 | 2,2 |
| Cr | mg/kg | 0,25 | 0,24 | 0,22 | 0,22 | 0,03 | 0,23 |
| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | AL-oldható K ₂ O mg/kg talajban (7) | | | | SZD _{5%} (4) | Átlag (5) |
| | | 135 | 193 | 279 | 390 | | |
| NP kezelések átlagai (8) | | | | | | | |
| K | % | 1,65 | 2,07 | 2,37 | 2,66 | 0,22 | 2,19 |
| Ca | % | 0,79 | 0,71 | 0,66 | 0,63 | 0,07 | 0,70 |
| Mg | % | 0,31 | 0,26 | 0,24 | 0,24 | 0,03 | 0,26 |
| Na | % | 0,12 | 0,09 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,08 |
| K/Ca | arány (9) | 2,1 | 2,9 | 3,6 | 4,2 | 0,4 | 3,2 |
| K/Mg | arány (9) | 5,3 | 8,0 | 9,9 | 11,1 | 0,8 | 8,6 |
| K/Na | arány (9) | 13,8 | 23,0 | 47,4 | 53,2 | 8,8 | 34,4 |

Table 7: Effect of PK supply levels on the element content of the air dried hay on 20th July, 2004. Measured element (1), Measuring unit (2), Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ mg/kg in plowlayer (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Means of NK treatments (6), Ammoniumlactate (AL) soluble K₂O mg/kg in plowlayer (7), Means of NP treatments (8), Ratios of elements (9).

A második kaszálás idején kevésbé látványosan változik a kevésbé mozgékony kétértékű Ca ezen a meszes termőhelyen. A N-kínálattal ugrásszerűen nőtt a szárazanyagtömeg és mérsékelten hígult a Ca tartalma. A K-Ca antagonizmus szintén felvételi gátlást eredményez. Hasonló mechanizmus figyelhető meg a Mg esetén, mely a Ca-mal rokon természetű földfém. A B tartalma is hígult a N-trágyázás okozta termésnövekedés nyomán. A K-B antagonizmus viszont csak a N-nel is trágyázott kezelésekben igazolható. Az NxK kölcsönhatások eredményeképpen a sarjűszéna B-tartalma 4,3-9,5 mg/kg között változott (9. táblázat).

8. táblázat NxP ellátottsági szintek hatása a légszáraz gyepszéna Sr és Mo tartalmára 2004-ben, mg/kg, K kezelések átlagában

| Átlagok a 2004-ben, mg/kg, K Készítők átlagában | | | | | | |
|---|-----------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SZD _{5%} (3) | Átlag (4) |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Sr május 11-én (5) | | | | | | |
| 66 | 8 | 7 | 7 | 7 | | 7 |
| 153 | 10 | 9 | 12 | 12 | 3 | 11 |
| 333 | 12 | 11 | 15 | 15 | | 14 |
| 542 | 15 | 16 | 18 | 21 | | 17 |
| Átlag (4) | 11 | 11 | 13 | 14 | 2 | 12 |
| Sr július 19-én (6) | | | | | | |
| 66 | 18 | 13 | 12 | 12 | | 14 |
| 153 | 25 | 19 | 17 | 17 | 4 | 19 |
| 333 | 24 | 21 | 20 | 18 | | 21 |
| 542 | 28 | 25 | 21 | 24 | | 25 |
| Átlag (4) | 24 | 19 | 18 | 18 | 2 | 20 |
| Mo május 11-én (7) | | | | | | |
| 66 | 0,6 | 1,0 | 0,8 | 0,7 | | 0,8 |
| 153 | 0,9 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,6 |
| 333 | 0,8 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | | 0,5 |
| 542 | 0,9 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | | 0,5 |
| Átlag (4) | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0,6 |
| Mo július 19-én (8) | | | | | | |
| 66 | 4,5 | 4,6 | 2,8 | 2,2 | | 3,5 |
| 153 | 4,5 | 2,6 | 1,0 | 0,7 | 0,6 | 2,2 |
| 333 | 3,7 | 2,1 | 0,6 | 0,4 | | 1,7 |
| 542 | 3,6 | 1,9 | 0,4 | 0,4 | | 1,6 |
| Átlag (4) | 4,1 | 2,8 | 1,2 | 0,9 | 0,3 | 2,2 |

Table 8: Effect of NxP supply levels on the Sr and Mo contents of the air-dried hay mg/kg, means of K-treatments. Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ mg/kg in plowlayer (1), N-fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Sr on 11th May, 2004 (5), Sr on 19th July, 2004 (6), Mo on 11th May, 2004 (7), Mo on 19th July, 2004 (8).

Összefoglalás

- A N-kínálattal együtt 2-2,5-szeresére nőtt az átlagos növénymagasság és csökkent a szárazanyag-tartalom. A két kaszálás összes szénahozama a N-kontroll talajon 1,6 t/ha, a 300 kg/ha/év kezelésben 7,8 t/ha mennyiséget tett ki. Leginkább hatékonynak a 100 kg/ha/év N-adag bizonyult, ahol 1 kg N-re 40 kg széna, ill. 185 kg fű többlettermés jutott. A második 100 kg/ha/év N-adagot döntően a 2. kaszálás hasznosította 16 kg széna/kg N többletterméssel. A 300 kg/ha/év adag már gazdaságtalannak bizonyult.

- A 31 éve P-val nem trágyázott, gyengén ellátott P-kontrollhoz viszonyítva az anyaszéna 1,0 t/ha szénatöbblettel hálálta meg az ammóniumlaktát (AL) oldható P₂O₅ tartalom „közepes” szintre, 153 mg/kg értékre való emelését. A 2. kaszálás idején azonban a P-trágyázás már eredménytelen maradt, a gyepterület P-igényét a P-kontroll talajon is. A K-trágyázás átlagosan 0,5 t/ha szénatöbbletet

adott, a talaj eredeti 135 mg/kg „közepes” AL-K₂O ellátottságát 193 mg/kg „kielégítő” szintre növelve. A K-kínálat további növelése a széna termését már nem módosította.

9. táblázat. NxK ellátottsági szintek hatása a légszáraz gyepszéna Na, Ca, Mg és B tartalmára 2004-ben a P-kezelések átlagában

| AL-K ₂ O mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SZD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|----------------------------------|-----------------------------|------|------|------|-----------------------|-----------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Na május 11-én, mg/kg (5) | | | | | | |
| 135 | 259 | 1923 | 1626 | 1660 | 666 | 1367 |
| 193 | 97 | 1173 | 1740 | 1359 | | 1092 |
| 279 | 63 | 336 | 753 | 474 | | 407 |
| 390 | 62 | 220 | 426 | 322 | | 258 |
| Átlag | 120 | 913 | 1136 | 954 | 333 | 781 |
| Ca július 20-án, % (6) | | | | | | |
| 135 | 0,79 | 0,78 | 0,78 | 0,82 | 0,13 | 0,79 |
| 193 | 0,82 | 0,72 | 0,63 | 0,69 | | 0,71 |
| 279 | 0,81 | 0,67 | 0,57 | 0,59 | | 0,66 |
| 390 | 0,87 | 0,64 | 0,53 | 0,49 | | 0,63 |
| Átlag | 0,82 | 0,70 | 0,63 | 0,65 | 0,07 | 0,70 |
| Mg július 20-án, % (7) | | | | | | |
| 135 | 0,29 | 0,29 | 0,32 | 0,35 | 0,06 | 0,31 |
| 193 | 0,29 | 0,24 | 0,26 | 0,27 | | 0,26 |
| 279 | 0,30 | 0,23 | 0,23 | 0,22 | | 0,25 |
| 390 | 0,30 | 0,22 | 0,20 | 0,21 | | 0,24 |
| Átlag | 0,30 | 0,25 | 0,25 | 0,26 | 0,03 | 0,26 |
| B július 20-án, mg/kg (8) | | | | | | |
| 135 | 8,8 | 7,1 | 6,2 | 6,1 | 1,2 | 7,1 |
| 193 | 8,5 | 6,1 | 5,5 | 5,8 | | 6,4 |
| 279 | 8,9 | 6,1 | 5,2 | 5,2 | | 6,4 |
| 390 | 9,5 | 5,8 | 4,8 | 4,3 | | 6,1 |
| Átlag | 8,9 | 6,3 | 5,4 | 5,3 | 0,6 | 6,5 |

Table 9: Effect of NxK supply levels on the Na, Ca, Mg and B content of the air dried hay. Means of P-treatments. Ammoniumlactate (AL) soluble K₂O mg/kg in plow layer (1), N-fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Na on 11th May, 2004 (5), Ca on 20th July, 2004 (6), Mg on 20th July, 2004 (7), B on 20th July, 2004 (8).

- A N-kínálattal mindkét kaszáláskor nőtt a széna N, NO₃-N, Na, Ba, és Cu, valamint mérséklődött a Fe, Mn, Al, Mo tartalma. A talaj P-ellátottságának javulása a P, S, Sr akkumulációját serkentette, ill. a Cu és Mo beépülését gátolta egyértelműen. A K-trágyázás a K beépülését segítve egyidejűleg antagonistá hatású volt az egyéb kationok, mint a Ca, Mg, Na felvételére.

- A sarjúszéna szegényebb volt az anyaszénához viszonyítva K, N, NO₃-N, P, Al és Zn elemekben. Az átlagos Zn-készlet pl. a 60 mg/kg-ról 18 mg/kg-ra zuhant. Ugyanakkor a Ca, S, Mg, Mn, Fe, Sr, B, Ba, Mo elemek inkább az előregedő sarjában akkumulálódtak.

- Az NxP kölcsönhatások nyomán a széna Mo tartalma az 1. kaszáláskor 0,3-1,0 mg/kg, míg a 2. kaszáláskor 0,4-4,5 mg/kg között változott, azaz ugyanazon évben a termett széna Mo tartalmában 15-szörös különbség is felléphet. Az anyaszéna Na tartalmát a N-trágyázás egy nagyságrenddel növelte, míg a K-trágyázás 1/5-ére mérsékelte. Az NxK kölcsönhatások eredményeképpen a Na koncentrációja a szénában 62-1923 mg/kg értéktartományban mozgott, több mint 30-szoros módosulást elszenvedve. A kölcsönhatások mértéke kaszálásonként változhat és némileg/eseten-ként az iránya is módosulhat. Ismeretük alapvető fontossággal bírhat mind növénydiagnosztikai, mind takarmányozástani szempontból.

Kádár I. (2007): NPK fertilizer responses in an all-grass trial in 2004. Hay yield and mineral element content (Summary)

- The N-fertilization increased 2-2.5 fold the average plant height and the same time depressed the D.M. content. The hay yield of the two cuts amounted 1.6 t/ha on N-control soil, while on the 300 kg/ha/yr treatment 7.8 t/ha. The 100 kg/ha/yr N-rate seemed to be the most effective, where each kg N resulted 40 kg hay or 185 kg grass surpluses. The 2nd 100 kg/ha/yr rate was used basically by the 2nd cut with 16 kg hay/kg N surplus. The 300 kg/ha/yr N-dosage did not give significant hay surpluses.

- The 153 mg/kg AL-P₂O₅ "middle or moderate" P-supply satisfied P-requirement of the 1st cut and gave 1,0 t/ha hay surplus compared to the 66 mg/kg ammoniumlactate (AL) soluble "low" P-supply P-control soil. The 2nd cut grass, however, did not give hay surpluses with P-fertilization, compared to the P-control soil. The K-fertilization resulted as an average 0.5 t/ha hay surpluses when the 135 mg/kg AL-K₂O "middle" K-supply was increased to the 193 mg/kg AL-K₂O "satisfactory" level. The higher K-supply levels gave no hay surpluses any more.

- The N-fertilization increased the content of N, NO₃-N, Na, Ba, and Cu in the hay, while the Fe, Mn, Al, and Mo diluted in the higher yield. The P-supply stimulated the uptake of P, S and Sr and inhibited the accumulation of Cu and Mo. The K-fertilization enhanced the K-content and reduced the antagonistic cation content like Ca, Mg, Na in the hay.

- The 2nd cut hay was poor in K, N, NO₃-N, P, Al, and Zn element, compared to the primary hay. The 1st cut hay had for example 60 mg/kg Zn pool, while the 2nd cut hay only 18 mg/kg as an average. The same time, older 2nd cut hay accumulated more Ca, S, Mg, Mn, Fe, Sr, B, Ba, and Mo.

- As a function of NxP supply levels, the Mo content of hay in the 1st cut changed between 0.3-1,0 mg/kg, while in the 2nd cut hay 0.4-4.5 mg/kg. So, the Mo content of hay in one year and on the same site may have 15-fold differences. The Na content of the primary hay increased one order of magnitude with the N-supply, while the K-fertilization dropped down it on the 1/5th. So, the Na content changed in hay between 62-1923 mg/kg showing 30-fold differences. The long-term fertilization can thus drastically change the content and ratios of elements built in the hay through synergetic or antagonistic effects. The knowledge about the interactions among elements seems to be basic importance for both plant diagnostic as well as animal nutrition.

4.2. Az elemfelvétel

Eredmények

Az 1. táblázatban a különböző NPK ellátottsági szintek, ill. kombinációk hatása a tanulmányozható a gyepek fejlődésére, állománymagasságára, légszáranyag %-ra, valamint a zöld fű és a légszár széná termésére. A bemutatott adatok arra utalnak, hogy a 31 éve semmiféle trágyázásban nem részesült talajon a gyepek mindkét kaszálás idején igen gyengén fejlődött. Az egyoldalú 100 kg/ha/év mérsékelt N-adagolás közepes, míg a P₁K₁ közepes ellátottságú talajon ugyanez a N-adag az 1. kaszáláskor már jól fejlett állományt eredményezett. A 2. kaszálás idejére kielégítő N-ellátottságot a 200, ill. 300 kg/ha/év N-trágyázás biztosította.

1. táblázat Különböző NPK ellátottsági szintek és kombinációik hatása a gyepek fejlődésére és termésére 2004-ben

| Vizsgált jellemzők (1) | NPK ellátottsági szintek, ill. kombinációk (2) | | | | | SZD _{5%} (3) |
|---|--|--|--|--|--|-----------------------|
| | N ₀ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₁ K ₁ | N ₂ P ₂ K ₂ | N ₃ P ₃ K ₃ | |
| Bonitálás (1=igen gyengén, 5=igen jól fejlett állomány) (4) | | | | | | |
| 1. kaszálás (9) | 1,0 | 3,0 | 4,5 | 5,0 | 5,0 | 0,9 |
| 2. kaszálás 10) | 1,0 | 3,5 | 2,5 | 5,0 | 5,0 | 1,0 |
| Átlagos növénymagasság, cm (5) | | | | | | |
| 1. kaszálás (9) | 27,5 | 46,0 | 67,0 | 63,5 | 63,5 | 9,3 |
| 2. kaszálás (10) | 20,0 | 29,5 | 30,0 | 45,0 | 55,0 | 9,4 |
| Légszáranyag, % (6) | | | | | | |
| 1. kaszálás (9) | 25,5 | 22,3 | 19,5 | 18,1 | 18,6 | 4,0 |
| 2. kaszálás (10) | 34,0 | 33,4 | 33,4 | 33,0 | 36,0 | 4,0 |
| Zöld fűtermés, t/ha (7) | | | | | | |
| 1. kaszálás (9) | 4,8 | 13,0 | 23,2 | 25,0 | 29,5 | 4,4 |
| 2. kaszálás (10) | 1,0 | 5,9 | 3,9 | 8,9 | 10,8 | 2,3 |
| Összesen (11) | 5,9 | 18,9 | 27,1 | 33,9 | 40,3 | 4,8 |
| Légszár széná, t/ha (8) | | | | | | |
| 1. kaszálás (9) | 1,2 | 2,9 | 4,5 | 4,5 | 5,5 | 0,9 |
| 2. kaszálás (10) | 0,4 | 2,0 | 1,3 | 3,0 | 3,9 | 0,7 |
| Összesen (11) | 1,6 | 4,9 | 5,8 | 7,5 | 9,4 | 1,0 |

Table 1: Effect of different NPK supply levels and combinations on the development and yield of grass in 2004. Measured parameters (1), NPK supply levels and combinations (2), LSD_{5%} (3), Scoring of grass stand (1= very poorly, 5=very well developed) (4), Average plant height, cm (5), Air dried matter, % (6), Fresh grass yield, t/ha (7), Air dried hay, t/ha (8), 1st cut (9), 2nd cut (10), Together (11).

A tápanyagkínálattal 2-2,5-szeresére nőtt az átlagos növénymagasság, mely az anyaszénában kereken 28-64 cm, a sarjában 20-55 cm között változott a kezelések nyomán. A tápanyagbőség fiatalabb, nedvdúsabb fűtermést eredményezett az 1. kaszáláskor. A tápanyagszegény kontroll talajon a fű gyorsan előregedett, légszáranyag tartalma átlagosan 7%-kal volt nagyobb, azaz 1/3-ával emelkedett. A fűtermés az 1. kaszálásban 6-szorosára, míg a 2. kaszáláskor

csaknem 11-szeresére ugrott a maximális N₃P₃K₃ szinten, összevetve a csökkenő kontrollal. A légszáraz szénahozamokban ezek a különbségek mérséklődtek. A két kaszálás összegeit tekintve a kontrollon 1,6 t/ha, az N₃P₃K₃ szinten 9,4 t/ha szénatermést mértünk, tehát a tápanyagkínálattal az össztermés közel 6-szorosára volt növelhető 2004-ben.

Növényvizsgálataink 24 elemre terjedtek ki, egyaránt érintve az ismertebb és fontosabb esszenciális makro- és mikroelemeket, valamint a környezeti szempontból mérvadó nehézfémeket is. A 2004. évi anyaszéna elemfelvételét a N-ellátottsági szintek függvényében tekinti át a 2. táblázat. Az 1. kaszálás idején mért szénatermés a N-kontrollon 1,2 t/ha, míg a 300 kg/ha/év N-adagú kezelésben 4,4 t/ha mennyiséget tett ki, csaknem 4-szeresére nőtt a N-trágyázás nyomán. A legtöbb elem felvétele többé-kevésbé ezt az arányt követi, a kontrollon beépült mennyiség 4-5-szeresére nő a bőséges N-kínálattal.

2. táblázat N-trágyázás hatása a gypszena elemfelvételére. 2004. 05. 11-én

| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | N-trágyázás, N kg/ha/év (3) | | | | SZD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|--------------------------|------------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| PK kezelések átlagai (6) | | | | | | | |
| K | kg/ha | 31 | 109 | 110 | 116 | 17 | 91 |
| N | kg/ha | 19 | 88 | 121 | 136 | 10 | 91 |
| Ca | kg/ha | 5 | 16 | 21 | 22 | 2 | 16 |
| P | kg/ha | 4 | 12 | 12 | 13 | 1 | 10 |
| S | kg/ha | 2,4 | 8,2 | 9,5 | 9,7 | 0,7 | 7,4 |
| Mg | kg/ha | 1,7 | 6,2 | 7,4 | 7,6 | 0,7 | 5,7 |
| Na | kg/ha | 0,1 | 3,7 | 4,8 | 3,9 | 1,4 | 3,1 |
| Fe | g/ha | 163 | 420 | 521 | 448 | 83 | 388 |
| Mn | g/ha | 135 | 435 | 433 | 404 | 38 | 352 |
| Al | g/ha | 114 | 256 | 287 | 246 | 88 | 226 |
| Zn | g/ha | 66 | 263 | 274 | 266 | 55 | 217 |
| Sr | g/ha | 13 | 45 | 58 | 62 | 4 | 45 |
| Cu | g/ha | 4 | 18 | 23 | 24 | 2 | 17 |
| Ba | g/ha | 3 | 11 | 15 | 15 | 4 | 11 |
| B | g/ha | 3 | 11 | 11 | 11 | 2 | 9 |
| Ni | g/ha | 2 | 6 | 6 | 5 | 2 | 7 |
| Mo | g/ha | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 |

Megjegyzés: As, Cd, Cr, Hg, Pb, Se általában 1 g/ha mérési határ alatt.

Table 2: Effect of N-fertilization on the element uptake of hay on 11th May, 2004. Measured element (1), Measuring units (2), N-fertilization, N kg/ha/yr (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Means of PK treatments (6).

Remarks: As, Cd, Cr, Hg, Pb, Se are usually under 1 g/ha detection limit.

Az átlagostól eltérően a Cu felvétele 6-szorosára, a N-hozam mintegy a 7-szeresére, míg a Na hozama maximálisan a 48-szorosára ugrik, megközelítve az 5 kg/ha tömeget. Ezzel szemben a Fe, Mn, Al fémeknél a N-trágyázás hígulást eredményezett és így a felvétel nem követi arányosan a termésnövekedést/száranyag gyarapodást. A Mo koncentrációja felére csökkent a szénában a N-kezeléssel, így a Mo felvett mennyisége hasonló mértékben elmarad

a termés emelkedésétől. Megemlítjük, hogy az As, Cd, Co, Cr, Hg, Pb, Se akkumulációja általában az 1 g/ha mérési határ alatt maradt. A 2. táblázat adataiból az is látható, hogy maximális akkumulációt a N ért el, ezt követi a K, Ca, P, S, Mg, és Na a makroelemek tekintetében.

Az 1. kaszálás idején az átlagos P-hatások csupán 1 t/ha szénatöbbletet eredményeztek, de a P-kínálattal nőtt a széna Ca, P, S, Sr, Ba koncentrációja is. Ebből adódóan a felvett mennyiségük átlagosan megkétszereződik, sőt a Sr esetében több mint háromszorosára emelkedik. A foszfát-molibdenát antagonizmus ugyanakkor a Mo felvételét mérsékelte. A K-trágyázás 0,5 t/ha széna terméstöbbletet adott. Egyidejűleg javította a K, N, és Zn elemek beépülését, valamint gátolta a Ca, Mg, Na, Sr kationok és a B felvételét. A mobilis Na felvett mennyisége a K-Na antagonizmus eredményeképpen 1/5-ére süllyed a K-kontroll talajon mérthez viszonyítva. A K-ellátottsági szintek az NP, P-ellátottsági szintek hatásait az NK kezelések átlagaiban foglalja össze a 3. táblázat.

3. táblázat PK ellátottsági szintek hatása a gyepszéna elemfelvételére 2004. 05. 11-én

| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg talajban (3) | | | | SZD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|--------------------------|------------------|---|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| | | 66 | 153 | 333 | 542 | | |
| NK kezelések átlagai (6) | | | | | | | |
| N | kg/ha | 69 | 95 | 96 | 103 | 10 | 91 |
| Ca | kg/ha | 10 | 17 | 18 | 19 | 2 | 16 |
| P | kg/ha | 6 | 11 | 12 | 13 | 1 | 10 |
| S | kg/ha | 5 | 8 | 8 | 9 | 1 | 7 |
| Sr | g/ha | 19 | 40 | 53 | 66 | 4 | 45 |
| Cu | g/ha | 15 | 18 | 18 | 18 | 2 | 17 |
| Ba | g/ha | 7 | 11 | 12 | 14 | 4 | 11 |
| Mo | g/ha | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 1,6 | 0,3 | 1,8 |
| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | AL-oldható K ₂ O mg/kg talajban (7) | | | | SZD _{5%} (4) | Átlag (5) |
| | | 135 | 193 | 279 | 390 | | |
| NP kezelések átlagai (8) | | | | | | | |
| K | kg/ha | 54 | 84 | 106 | 122 | 17 | 91 |
| N | kg/ha | 77 | 86 | 97 | 103 | 10 | 91 |
| Ca | kg/ha | 17 | 18 | 16 | 14 | 2 | 16 |
| Mg | kg/ha | 6,3 | 6,5 | 5,4 | 4,8 | 0,7 | 5,7 |
| Na | kg/ha | 5,0 | 4,6 | 1,8 | 1,1 | 1,4 | 3,1 |
| Zn | g/ha | 164 | 213 | 242 | 249 | 56 | 217 |
| Sr | g/ha | 47 | 49 | 44 | 39 | 5 | 45 |
| B | g/ha | 9 | 10 | 9 | 8 | 2 | 9 |

Table 3: Effect of PK supply levels on the element uptake on 11th May, 2004. Measured element (1), Measuring unit (2), Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ mg/kg in plowlayer (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Means of NK treatments (6), Ammoniumlactate (AL) soluble K₂O mg/kg in plowlayer (7), Means of NP treatments.

A 2. kaszáláskor az N-kontrollon kapott 0,4 t/ha szénahozam több mint 8-szorosára, 3,4 t/ha-ra emelkedett. A P és K trágyázás viszont hatástalan maradt. Az elemfelvételeket tekintve kiugró a Cu akkumulációja 10-szeres, a N közel 15-szörös, míg a Na 39-szeres mennyiséggel a maximális N-kínalat nyomán, összevetve

a N-kontrollal. Más elemek felvétele inkább elmarad a szárazanyag gyarapodás ütemétől. Extrém eltérést a Mo mutat, melynek koncentrációja 1/4-ére süllyedt a N-bőség eredményeképpen. Erre vezethető vissza, hogy a maximális Mo-felvétel a 100 kg/ha/év kezelésben mérhető, majd a növekvő további N-kínálattal igazolhatóan mérséklődik és alig teszi ki kétszeresét az N-kontrollnak. Az As, Cd, Hg, Pb, Se általában itt is az 1 g/ha mérési határ alatt maradt (4. táblázat).

4. táblázat. N műtrágyázás hatása a gyepszéna elemfelvételére 2004. 07. 20-án

| 4. táblázat. A műtrágyázás hatása a gyepszéná-teljesítményekre 2004. 07. 28-án | | | | | | | |
|--|------------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | N-trágyázás, N kg/ha/év (3) | | | | SZD _{5%} (4) | Átlag (5) |
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| PK kezelések átlagai (6) | | | | | | | |
| K | kg/ha | 10 | 34 | 65 | 70 | 10 | 45 |
| N | kg/ha | 5 | 19 | 57 | 74 | 5 | 39 |
| Ca | kg/ha | 3 | 10 | 19 | 22 | 2 | 14 |
| P | kg/ha | 1,6 | 4,0 | 6,4 | 6,6 | 0,5 | 4,7 |
| S | kg/ha | 1,5 | 3,2 | 6,3 | 6,9 | 0,5 | 4,5 |
| Mg | kg/ha | 1,2 | 3,6 | 7,7 | 8,7 | 0,8 | 5,3 |
| Na | kg/ha | 0,1 | 0,9 | 3,7 | 3,9 | 0,7 | 2,1 |
| Mn | g/ha | 79 | 285 | 473 | 488 | 50 | 331 |
| Fe | g/ha | 38 | 88 | 170 | 188 | 14 | 121 |
| Al | g/ha | 26 | 46 | 59 | 50 | 12 | 45 |
| Sr | g/ha | 10 | 27 | 53 | 59 | 5 | 37 |
| Zn | g/ha | 8 | 26 | 53 | 58 | 6 | 36 |
| B | g/ha | 4 | 9 | 16 | 18 | 2 | 12 |
| Ba | g/ha | 2 | 7 | 17 | 18 | 3 | 11 |
| Cu | g/ha | 2 | 6 | 17 | 20 | 2 | 11 |
| Mo | g/ha | 1,6 | 4,3 | 3,7 | 3,1 | 0,5 | 3,2 |
| Ni | g/ha | 0,9 | 1,9 | 4,4 | 4,1 | 1,4 | 2,8 |
| Cr | g/ha | 0,1 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,1 | 0,4 |

Megjegyzés: AS, Cd, Co, Hg, Pb, Se általában 1 g/ha mérési határ alatt.

Table 4: Effect of N fertilization on the element uptake of hay on 20th July, 2004. Measured element (1), Measuring unit (2), N-fertilization, N kg/ha/yr (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Means of PK treatments (6).

Remarks: As, Cd, Co, Hg, Pb, Se are usually under 1 g/ha measuring limit.

Az 5. táblázatban az NxK, ill. NxP ellátottsági szintek, ill. kombinációik hatását mutatjuk be a két leginkább mobilis elem, a Na és Mo felvételére. A kísérletünkben csak N, P, és K műtrágyákat alkalmazunk, Na és Mo trágyaszereket nem. A N műtrágyázás nyomán a felvett Na tömege a N-kontrollhoz képest az 1. kaszálásnál 28-, a 2. kaszálásnál 78-szorosára nő, míg a K-trágyázással közel 1/5-re, ill. felére esik. Az NxK kölcsönhatások eredményeképpen az anyaszénában 81-szeres, a sarjúszenában 123-szoros különbségek adódnak a Na felvételében. A Mo akkumulációját a N-trágyázás növeli, a P-kínálat pedig mérsékeli, különösen a sarjúszenában. A fennálló negatív kölcsönhatások 4-6-szoros eltéréseket indukálnak a Mo-felvételben. A bemutatott adatok jelezhetik a kölcsönhatások irányát és mértékét, melyek egyszerű kísérleti tervek végrehajtásainál rejtve maradnak előttünk.

5. táblázat Az NxK és NxP kölcsönhatások vizsgálata a Na és Mo felvételében, 2004

| AL-K ₂ O mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SZD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---|-----------------------------|------|------|------|-----------------------|-----------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Na kg/ha május 11-én (5) | | | | | | |
| 135 | 0,30 | 7,23 | 5,90 | 6,48 | 2,80 | 4,98 |
| 193 | 0,12 | 5,23 | 7,80 | 5,36 | | 4,63 |
| 279 | 0,07 | 1,43 | 3,34 | 2,24 | | 1,77 |
| 390 | 0,08 | 0,83 | 1,01 | 1,46 | 1,40 | 1,09 |
| Átlag | 0,14 | 3,68 | 4,76 | 3,89 | | 3,12 |
| Na kg/ha július 20-án (6) | | | | | | |
| 135 | 0,07 | 2,02 | 4,73 | 4,94 | 1,42 | 2,94 |
| 193 | 0,05 | 1,01 | 4,95 | 4,54 | | 2,64 |
| 279 | 0,05 | 0,30 | 3,30 | 2,68 | | 1,58 |
| 390 | 0,04 | 0,35 | 1,76 | 3,48 | 0,71 | 1,41 |
| Átlag | 0,05 | 0,92 | 3,69 | 3,91 | | 2,14 |
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (7) | N trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SZD _{5%} (3) | Átlag (4) |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Mo g/ha május 11-én (8) | | | | | | |
| 66 | 0,75 | 3,18 | 2,44 | 2,33 | 0,53 | 2,17 |
| 153 | 1,04 | 2,46 | 2,29 | 1,69 | | 1,87 |
| 333 | 1,01 | 2,29 | 1,92 | 1,49 | | 1,68 |
| 542 | 1,04 | 2,18 | 1,72 | 1,54 | 0,26 | 1,62 |
| Átlag | 0,96 | 2,52 | 2,09 | 1,76 | | 1,84 |
| Mo g/ha július 20-án (9) | | | | | | |
| 66 | 1,72 | 8,57 | 8,42 | 7,55 | 0,93 | 6,57 |
| 153 | 1,74 | 3,25 | 3,19 | 2,44 | | 2,66 |
| 333 | 1,69 | 2,81 | 1,86 | 1,12 | | 1,87 |
| 542 | 1,43 | 2,53 | 1,29 | 1,43 | 0,46 | 1,67 |
| Átlag | 1,64 | 4,29 | 3,69 | 3,13 | | 3,19 |

Table 5: Effect of NxK and NxP interactions on the uptake of Na and Mo in 2004. Ammoniumlactate (AL) soluble K₂O mg/kg in plowlayer (1), N-fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Na kg/ha on 11th May (5), Na kg/ha on 20th July (6), Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ mg/kg in plowlayer (7), Mo g/ha on 11th May (8), Mo g/ha on 20th July (9).

A 2004. évi gyep teljes elemforgalmáról a N-szintek függvényében és a két kaszálás összesített adataival a 6. táblázat nyújt áttekintést. A széna hozamát a N-trágyázás közel 5-szörösére növelte. Ezzel többé-kevésbé párhuzamosan nőtték a ha-ról kivont elemek mennyiségei is. Kiugró akkumulációt jelez a N-kontrollhoz viszonyítva 8-9szeres mennyiséggel a N, Ba, és Cu, valamint 40-szeres felhalmozást a Na. Elmarad viszont a szárazanyag gyarapodásához képest a Fe, Al, és különösen a Mo, a már korábban említett okok miatt.

A fajlagos elemtartalom, azaz 1 t széna elemkészletének ismerete fontos mutató a tervezett termés elemigényének számításakor a szaktanácsadásban. A 6. táblázat adataiból levezetve, meghatározó N-ellátottság függvényében, az 1 t széna képződéséhez 24-26 kg K (29-31 kg K₂O), 15-27 kg N, 5-6 kg Ca, 2-3 kg P (4-7 kg P₂O₅), 2-3 kg S, 2 kg Mg és 0,1-1,0 kg Na elemre volt szükség ezen a termőhe-lyen. A fajlagos mikroelem-tartalom az alábbiak szerint alakult: Mn 114-133 g, Fe 82-

126 g, Al 38-88 g, Zn 42-52 g, Sr 13-16 g, B és Ba 3-4 g, Cu 3-6 g, Mo 0,6-1,6 g, Ni 1,2-1,8 g, Cr 0,1 g/t szénában. Az As, Cd, Co, Hg, Pb, Se általában 0,1 g/ha méréshatár alatt maradt.

6. táblázat N trágyázás hatása a gyepszéna elemfelvételére 2004-ben. Két kaszálás összegei

| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | N-trágyázás, N kg/ha/év (3) | | | | SZD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|--------------------------|------------------|-----------------------------|-----|------|-----|-----------------------|-----------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| PK kezelések átlagai (6) | | | | | | | |
| K | kg/ha | 40 | 143 | 175 | 186 | 25 | 136 |
| N | kg/ha | 24 | 106 | 179 | 209 | 12 | 130 |
| Ca | kg/ha | 8 | 27 | 40 | 44 | 3 | 30 |
| P | kg/ha | 5 | 16 | 19 | 19 | 1 | 15 |
| S | kg/ha | 4 | 11 | 16 | 17 | 1 | 12 |
| Mg | kg/ha | 3 | 10 | 15 | 16 | 1 | 11 |
| Na | kg/ha | 0,2 | 5 | 8 | 8 | 2 | 5 |
| Mn | g/ha | 213 | 719 | 906 | 892 | 76 | 682 |
| Fe | g/ha | 201 | 508 | 692 | 637 | 83 | 509 |
| Al | g/ha | 141 | 302 | 346 | 296 | 90 | 271 |
| Zn | g/ha | 73 | 290 | 326 | 325 | 57 | 254 |
| Sr | g/ha | 23 | 73 | 111 | 121 | 8 | 82 |
| Ba | g/ha | 4 | 18 | 32 | 34 | 5 | 22 |
| B | g/ha | 7 | 20 | 28 | 28 | 2 | 21 |
| Cu | g/ha | 5 | 24 | 40 | 45 | 2 | 28 |
| Mo | g/ha | 2,6 | 6,8 | 5,8 | 4,9 | 0,6 | 5,0 |
| Ni | g/ha | 2,9 | 7,7 | 10,1 | 9,3 | 1,8 | 7,5 |
| Cr | g/ha | 0,1 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,1 | 0,4 |

Megjegyzés: As, Cd, Co, Hg, Pb, Se általában 1 g/ha mérési határ alatt maradt.

Table 6: Effect of N-fertilization on the element uptake of hay in 2004. Sums of two cuts. Measured element (1), Measuring unit (2), N-fertilization, N kg/ha/yr (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), Means of PK treatments (6). Remarks: As, Cd, Co, Hg, Pb, Se are usually under 1 g/ha measuring limit.

Amennyiben az extrém egyedi ellátottsági kezeléseket vesszük figyelembe, az elemfelvétel is extrémebb különbségeket mutathat a NPK elemek között megnyilvánuló antagonista vagy szinergista hatások eredményeképpen. Így pl. míg a széna termésében mintegy 6-szoros eltéréseket találunk az abszolút kontroll és a maximális NPK-szint között, a felvett Ni és Al mennyisége statisztikailag bizonyíthatóan nem változik a kezelések függvényében. A Mg, Mn, Zn és B felvétele ugyanakkor átlagosan a 4-szeresére; a Ca, P, S, és Cr mennyisége 5-6-szorosára; a K, Cu és Sr akkumulációja 8-10-szeresére; a N és Ba felvétele 13-szorosára, míg a ha-ról kivont Na tömege 20-szorosára nőtt meg a 7. táblázatban közölt eredmények szerint. Az is látható, hogy a trágyázatlan talaj 21 kg/ha N-t tudott a szénába juttatni. Gyakorlatilag 100%-ban hasznosulhatott az N₁, N₂, N₃, szintek N-adagja, hiszen a szénába épült N mennyisége eléri vagy megközelíti a 100, 200, ill. 300 kg/ha tömeget a 100, 200, ill. 300 kg/ha/év kezelésekből ahol a P és K kielégítő ellátottsága is adott.

7. táblázat Különböző NPK ellátottsági szintek és kombinációk hatása a gyepszéna termésére és elemfelvételére 2004-ben. Két kaszálás összegei

| Vizsgált jellemzők (1) | Mérték-egység (2) | NPK ellátottsági szintek és kombinációk (3) | | | | | SZD _{5%} (4) |
|------------------------|-------------------|--|--|--|--|--|-----------------------|
| | | N ₀ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₀ K ₀ | N ₁ P ₁ K ₁ | N ₂ P ₂ K ₂ | N ₃ P ₃ K ₃ | |
| Széna (5) | t/ha | 1,6 | 4,9 | 5,8 | 7,5 | 9,4 | 1,2 |
| K | kg/ha | 38 | 97 | 137 | 178 | 305 | 100 |
| N | kg/ha | 21 | 87 | 118 | 200 | 275 | 45 |
| Ca | kg/ha | 8 | 28 | 26 | 42 | 47 | 10 |
| P | kg/ha | 5 | 8 | 17 | 21 | 27 | 4 |
| S | kg/ha | 4 | 10 | 10 | 17 | 21 | 4 |
| Mg | kg/ha | 3 | 11 | 11 | 16 | 13 | 5 |
| Na | kg/ha | 0,4 | 9 | 7 | 8 | 8 | 3 |
| Mn | g/ha | 210 | 965 | 698 | 898 | 876 | 303 |
| Fe | g/ha | 246 | 491 | 451 | 548 | 576 | 165 |
| Al | g/ha | 178 | 240 | 200 | 224 | 155 | 179 |
| Zn | g/ha | 82 | 225 | 376 | 252 | 322 | 114 |
| Sr | g/ha | 14 | 47 | 66 | 129 | 147 | 30 |
| Cu | g/ha | 5 | 29 | 27 | 42 | 47 | 8 |
| Ba | g/ha | 3 | 23 | 12 | 34 | 38 | 17 |
| B | g/ha | 7 | 26 | 20 | 28 | 25 | 7 |
| Mo | g/ha | 2 | 14 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| Ni | g/ha | 6 | 10 | 9 | 11 | 7 | 7 |
| Cr | g/ha | 0,1 | 0,2 | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |

Table 7: Effect of different NPK supply levels and combinations on the yield and element uptake of hay in 2004. Sums of two cuts. Measured parameters (1), Measuring units (2), NPK supply levels and combinations (3), LSD_{5%} (4), Hay (5).

Összefoglalás

- A 31 éve trágyázatlan talaj 1,6 t/ha míg a maximális N₃P₃K₃ kezelés 9,4 t/ha szénatermést adott 2004-ben, tehát trágyázással a két kaszálás hozama közel 6-szorosára volt növelhető. Ezzel párhuzamosan 2-2,5-szeresére nőtt az átlagos növénymagasság és 1/3-ával mérséklődött a szárazanyag mennyisége a fűben.
- A leginkább mobilis Na felvett tömege a N-műtrágyázással az anyaszénában 28-szorosára, a 2. kaszáláskor 78-szorosára nőtt, míg a K-trágyázással közel 1/5-re, ill. felére esett vissza. Az NxK kölcsönhatások eredményeképpen a Na felvételében a 1. kaszáláskor 81-szeres, a 2. kaszálásnál 123-szoros különbségek adódtak. A Mo beépülését a N-ellátás serkentette, míg a P-kínálat gátolta. Az NxP kölcsönhatások 4-6-szoros eltéréseket indukáltak a Mo felvételében.
- Az 1 t szénába épült „fajlagos” elemkészlet a meghatározó N-ellátottság függvényében az alábbiak szerint alakult ezen a termőhelyen: 24-26 kg K, (29-31 kg K₂O), 15-27 kg N, 5-6 kg Ca, 2-3 kg P (4-7 kg P₂O₅), 2-3 kg S, 2 kg Mg és 0,1-1,0 kg Na. A mikroelemek tartalma szintén változott: Mn 114-133 g, Fe 82-126 g, Al 38-88 g, Zn 42-52 g, Sr 13-16 g, Cu 3-6 g, B és Ba 3-4 g, Mo 0,4-1,6 g, Ni 1,2-1,8 g, Cr 0,1 g átlagosan 1 t szénában. Adataink iránymutatónak szolgálhatnak a gyepek elemigényének és trágyaszükségletének számításánál.

- A trágyázatlan talaj mindössze 21 kg/ha N-t tudott a szénába juttatni. A kielégítő PK ellátottságú talajon a 100, 200, 300, kg/ha/év N-adagok nyomán a szénába épült N mennyisége is eléri vagy megközelíti a 100, 200, 300, kg/ha körüli mennyiséget. E becslések szerint a N műtrágya 100%-ban hasznosulhatott.

Kádár I. (2008): Fertilization responses of a 4 years old established all-grass. Element uptake and turnover (Summary)

- The hay yield of the unfertilized for 31 years control plots reached in 2004 1.6 t/ha while that of the N3P3K3 maximum supply levels 9.4 t/ha. So, the yield could be enhanced nearly 6-fold with NPK fertilization. Parallel with this, the mean plant height increased 2-2.5-fold and the D.M. content of the grass dropped on to 1/3-rd that of the control.

- The most mobile Na accumulated in the primary hay 28-fold, while in the 2nd cut hay 78-fold with the N-supply, compared to the control. The increasing K-supply lessened the Na uptake. Thus, the NxK negative interactions resulted in the Na uptake of the 1st cut hay 81-fold, while in the 2nd cut hay 123-fold differences. The accumulation of the mobile Mo was stimulated by the N-supply and inhibited by the P-supply. The NxP interactions resulted in the per hectare Mo-yield 4-6-fold differences.

- To have a unit of 1t air dried hay, it was used by grass as a function of N-supply on this soil 24-26 kg K (29-31 kg K₂O), 15-27 kg N, 5-6 kg Ca, 2-3 kg P (4-7 kg P₂O₅), 2-3 kg S, 2 kg Mg, 0.1-1.0 kg Na. For microelements these values were as follows: Mn 114-133, Fe 82-126 g, Al 38-88 g, Zn 42-52 g, Sr 13-16 g, Cu 3-6 g, B and Ba 3-6 g, Mo 0.4-1.6 g, Ni 1.2-1.8 g and Cr about 0.1 g/t hay. These data may serve for assessing the mineral element demand of an all-grass sward.

- The hay could accumulate only 21 kg/ha N on the N-control soil. However, on the satisfactory supplied with PK soil using 100, 200, 300, kg/ha/yr N rate, the amount of N built in hay reached around the 100, 200, 300 kg/ha with the two cuts. According to this account, the fertilizer-N recovery may come to 90-100% by grass in 2004.

5. Műtrágyahatások vizsgálata az 5. éves gyepen 2005-ben

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A gyeptertermőképességét döntően meghatározza a víz- és tápanyagellátás. Németországi tapasztalatok szerint, ha a talajvíz nem hozzáférhető, jó vízgazdálkodású termőhelyen mintegy 700 mm, homokon legalább 1000 mm csapadékot igényelhet a nagy termés. A sekélyen gyökerező gyepter számára hozzáférhető a talajvíz kötöttebb talajon 60-90 cm, könnyű talajon 40 cm mélységben (Geisler 1988). Hazai viszonyok között 1 kg szárazanyag előállításához Gyarmathy (1980) szerint átlagosan 600 liter vizet párologtat el a gyepter, de vízszükséglete extrém esetben 400-1200 l/kg szárazanyag között ingadozhat. Gruber (1960) vizsgálataiban azt találta, hogy 1 kg szárazanyaghoz a gyepter 520-790 kg vizet használt fel. Szabó (1977) szerint a trágyázással, főként a N adagolásakor, nőhet a termés tömege és látványosan javulhat a vízhasznosulás.

Klímatényezők közül a fényt is teljes mértékben képes hasznosítani, hiszen egész évben szinte teljes borítottságot biztosít. A növekedés már kora tavasszal 5 °C felett megindulhat, maximumát 15-25 °C-on áprilisban, májusban éri el. Ezt követően a nyári hónapokban a gyepter „pihen”, őszi időszakban is csak mérsékelt fejlődést mutat. A kaszálások gyengítik az állományt, gyengül a gyökérnövekedés, a tápanyagok felhalmozása a gyökérben, illetve a regenerációs képesség. A gyakori vágásnál kiszorulnak, gyérülhetnek a nagytestű szálfüvek (Bíró 1928; Klapp 1951; Gruber 1960; Baskay 1962; Szabó 1977; Vinczeff 1998).

Régóta ismert, hogy a trágyázás hatása a gyepen más, mint a szántón. Másként hat a műtrágya a gyepter komponenseire, így a füvekre, pillangósokra és a gyomokra. Emiatt szelektál. Egyes fajok fejlődését segíti, másokét fenntartja, ismét másokét elnyomja. A gyepter plasztikusan reagál a környezeti és emberi beavatkozásokra, változtatva botanikai és ásványi összetételét. Eltérő lehet ugyanis az egyes fajok környezettel szembeni igénye, a gyepter társuláson belüli fejlődési stádiuma, összetétele stb., így összességében kevésbé érzékenyen reagál a külső hatásokra. A füvek fejlődési stádiumai a kalászosokéval megegyeznek (Klapp 1965, 1971; Voisin 1961, 1964, 1965).

Klapp (1965, 1971) szerint a gyökértömeg esetenként 80-90%-a a talaj felső 5 cm rétegében található. Bár nincs érdemi talajművelés a gyepen, így a trágyák bedolgozása sem lehetséges, ennek ellenére hasznosulásuk általában jobb, mint a szántón. A trágya aktív gyökerekkel kerül kapcsolatba ahol intenzív a talajélet és a trágyahatások, utóhatások összeadódnak. A mélytrágyázási kísérletek ezért sikertelenek maradtak. Gyepter alatt tartósan érett a talajállapot, a talajszerkezet és a talajélet fenntartása nem igényel szervesanyag-bevitelt, istállótrágyát.

Káti és Veres (2003) a gyepek talajának és rizoplánjának összehasonlítása során igazolták, hogy az élő füvek alatt aktívabbak a mikrobiológiai és biokémiai folyamatok. Erősebb CO₂-termelést és foszfatáz aktivitást a szervesanyagban gazdagabb talajok mutattak. A gyepter növények rizoplánjában a mikroorganizmusok száma meghaladta a talajbani értékeket.

A tarló a lehulló levélzettel, valamint a gyökérmaradványok nagymennyiségű szerves anyagot juttatnak a talajba és a talajra. A szervesanyag bomlása korlátozott, mert lecsökken az aeráció az intenzív gyökérlégzés miatt. A gyepesített talaj szervesanyagot akkumulál. Ahhoz, hogy a gyökér újrahasznosuljon, ne szaporodjon fel nemezszerű cellulózgazdag tömegben, mineralizálnia kell. A cellulózbontó talajszervezetek tevékenységéhez sok N szükséges, hogy a bomlás gyorsuljon, különösen a pillangóست nem tartalmazó gyepon (Vinczeffy 1964, 1998; Barcsák 1999, 2004).

Ami az évente talajba jutó tarló + gyökérmaradványokat illeti, tömegük elérheti a betakarított földfeletti termés 50-70%-át. A szervesanyag talajbani akkumulációja és ásványosodása közötti egyensúly lassan áll be. Az ismert angliai Rothamsted-i gyepekisérletben ehhez több mint 100 évre volt szükség. Az állandó gyepon alatt a műtrágyázási kezelésektől függően 0,3-0,7%, míg a mellette levő szántón 0,12% N-készletet mértek a felső 15 cm talajrétegben (Richardson 1938).

Amennyiben feltesszük, hogy a humusz, illetve a talajbani szervesanyag átlagosan 0,5% N-tartalmú, a szántó 2,4%, míg a gyepon talaja 6-14% szervesanyagot tárolt a 15 cm feltalajban 100 év után. A 15 cm talajréteg tömegét 2000 t/ha-ra becsülve a 4-12% humuszgyarapodás kb. 1/3 térfogattömeggel figyelembe véve tehát 25-80 t/ha szervesanyag-akkumulációt jelenthet, azaz évente 250-800 kg/ha mennyiséget. Az első évtizedben természetesen ennél jóval nagyobb, míg az egyensúly felé haladva kevesebbet. Amikor az egyensúly beáll ugyanannyi szervesanyag bomlik el a gyepon alatt, mint amennyi újonnan képződik, tehát a gyökértömeg egy része folyamatosan cserélődik.

Angliában, általában ÉNy-Európában a gyepek terméspotenciálja nagyobb, mint a szántóké. Az egyéb tápelemekkel ellátott talajokon meghatározó a N-trágyázás, illetve a N-ellátás. A 300 kg/ha/év N-adagig a növényi hozamok és ezzel együtt az állati termékek is gyakorlatilag lineárisan növelhetők, a 300-600 kg/ha/év tartományban a terméstöbblet csökkenő, majd 600-1200 kg/ha/év N-kínálattal jelentkezik a depresszió. A termőhely talaja 10-100 kg/ha/év N-t szolgáltathat N-trágyázás nélkül, de ezt általában nem veszik figyelembe a szaktanácsadásban (Whitehead 1970, NAAS 1967).

A N-igényt a pillangósok aránya döntően befolyásolhatja, melyek 200-300 kg/ha/év N-t köthetnek meg ÉNy-Európa egyes tájain. Új-Zélandon, ahol a herefélék fejlődésére a körülmények rendkívül kedvezőek, a N-kötés akár a 600-700 kg/ha/év mennyiséget is elérheti. Ezért a N-trágyázás itt nem hatékony. Hollandiában viszont fordított a helyzet. A herefélék szerepe elenyésző, a N-trágyázás meghatározó 300 kg/ha/év feletti adagokkal. Szaktanácsadás során a tervezhető termés N-igényén túl a lombanalízis is segítséget nyújthat. A N-gyűjtő pillangósokat is magában foglaló állomány kielégítően ellátottnak tekinthető, amennyiben a N 3,0-3,5%-ot, illetve a NO₃-N a 0,10-0,14%-ot eléri (Whitehead 1970). A 0,25% feletti NO₃-N tartalom a hazai előírások szerint már nem megengedett a takarmányban (Barcsák 2004). A fűkeverékek, természetes gyepek és legelők N-tartalma 1,0-2,0% között ingadozhat trágyázás nélkül (Bánszky 1991, 1988, Kádár 2007, 2008).

A N főként a szálfüveket növeli, illetve a pillangósokat leárnýékolja és elnyomja. Ezzel részben csökkenti a gyepon Ca és Mg készletét. Más oldalról viszont a N, alapvetően a NO₃-forma növelheti a kationok beépülését a növénybe,

amennyiben a talaj kellően ellátott ezen elemekben. Ellenkező esetben hígulási effektus érvényesülhet: termés nő, az egyéb kationok, elemek koncentrációja csökken (Raymond és Spedding 1965). A N-hatás természetszerűen a here nélküli gyepon kiemelkedő. Általában késlelteti az érést, öregedés ellen hat, növeli a víztartalmat, nyersfehérje és az emészthetőség %-át, ezzel arányosan csökkenti a nyersrost tartalmát (Klapp 1971; Szabó 1977; Barcsák 1999). McLean et al. (1956) rámutatott arra is, hogy a gyökerek kationcserélő kapacitása, felvevőképessége nő a N-tartalmukkal.

Esetenként a P minimumtényező, főként a pillangósok számára. Gericke (1957, 1965) 1270 mintát elemezve arra a következtetésre jutott, hogy a széna 0,65% P_2O_5 (0,28 P%) készlete kielégítő P-ellátottságot tükrözhet. Mivel a P nemkívánatos luxusfelvételt gyakorlatilag nem mutat, célszerű Wagner (1909, 1921) klasszikus tanácsát követni. A talajokat P-ral fel kell tölteni, majd ezt követően vágásonként a terméssel felvett P-t pótolni, a talaj termékenységét fenntartva. Így kedvezően érvényesülhet a N-műtrágya és elkerülhető a növényben a káros NO_3-N akkumulációja. Itthon Harmati (1981, 1997) kapott kiugrónak minősülő P és NP hatásokat szikes réti talajon, illetve legutóbb Bánszky (1988, 1997) hívta fel a figyelmet tápelemarányok kérdésére.

A talaj K kínálata összefügg kötöttségével, kolloidkészletével. Kötött termőhelyen hosszú évekig nagy terméseket kaphatunk K-trágyázás nélkül. Hiánya esetén a P-hoz hasonlóan célszerű talajgazdagító/feltöltő K-trágyázást folytatni, majd vágásonként pótlással a talaj K-készletét fenntartani. Wagner (1921) szerint K-mal a gyept „jóllakott”, ha a fűvek legalább 2% K_2O tartalommal rendelkeznek. Romasev (1960) is utal arra a körülményre, hogy a telepítés évében a gyökerek fejlődése meghatározó lehet. A tartalék tápanyagok itt halmozódnak fel, így pl. esetenként a N 60-80%-át a gyökerekben találjuk és csak 20-40%-át a hajtásban. Döntő ezért az alapozó trágyázás a gyept további termelékenységére szempontjából.

Schlechner (1972) Ausztriában összefoglalva a gyakorlati trágyázási tanácsokat megállapítja, hogy a trágyázás célja kettős: növelni a hozamot és javítani a minőséget. Utóbbi magában foglalhatja az értékesebb fűfajok meghonosítását, valamint a takarmány ásványi és szerves összetételének kedvezőbbé tételét. A kielégítő PK-ellátottságot a 150 mg/kg feletti AL- P_2O_5 , illetve AL- K_2O tartalom jelezheti a szántott rétegben. Ekkor megelégszenek a terméssel felvett P és K visszajuttatásával. Véleménye szerint legnagyobb hatású a N-trágyázás, 1 kg N 10-12 kg szárazanyag többletet adhat átlagos viszonyok között. Az 1 szamosállat takarmányigényét mintegy 350 kg N felhasználása biztosíthatja kedvező körülmények között.

A gyept kevésbé van rászorulva a Ca és az istállótrágya szerkezetjavító hatására, így meszezésre és szerves-trágyázásra a gyepon ritkábban kerül sor. Az állomány egy határon belül képes ellensúlyozni az elsavanyodást az alkotó fajok módosulásával. Kedvezőnek tekintik még a pH-t féllápon 4,0, síklápon 4,5, homokos vagy humuszgazdag talajon 5,0, vályogon 5,5, agyagos talajon 6,0 értékig. A Ca kimosódását 150-600 kg/ha/év CaO mennyiségre becsülik. Hasonló talajokon 1-2 t/ha $CaCO_3$ -tal végzett mésztrágyázással, illetve a lúgosan ható trágyaformák, mint a hiperfoszfát alkalmazásával ellensúlyozható a további elsavanyodás (Schlechner 1972, Geisler 1988).

A hazai irodalomban általánosan elfogadott *Barcsák (2004)* szerint, hogy a legelőfű, illetve az extenzív kaszálók szénája átlagosan $16-6,5-20-20=N-P_2O_5-K_2O-CaO$ kg/t elemtartalmú. Jó N-hatásról beszélünk, ha 1 kg N-re 100 kg zöld vagy 25 kg széna terméstartalom adódik. A 25 kg szénában 4 kg N lehet, a 100 kg-ban 16 kg, azaz a N 100%-ban hasznosulhat.

A gyepnövények műtrágyázási irányelvei c. MÉM NAK kiadvány a tervezett termés NPK-igényének megállapításakor a fajlagos NPK értékeket módosítja a termőhely talajának kötöttsége, valamint humusz és AL-PK készlete alapján. Két termőhelyi kategóriát jelöl meg: K_A 37 alatti, tehát a laza homokos, valamint a K_A 37 feletti, tehát a középkötött és vályog talajokra. Mindkét termőhelyi kategórián belül még megkülönböztet gyenge, közepes és jó vízgazdálkodású talajokat. Ehhez járul még az 5-5 humusz-, illetve PK-ellátottság (igen gyenge, gyenge, közepes, jó, igen jó). Így $2 \times 3 = 6 \times 5 = 30-30$ fajlagos N, P és K értéket közöl. A N 18-55 kg/t széna, a P_2O_5 4-12 kg/t széna, a K_2O 12-22 kg/t széna között változhat (*Gyarmathy 1980*).

Az ismertetett MÉM NAK irányelvek átfogó kritikájára, ellenőrzésére még nem került sor. Szembetűnő azonban, hogy a javasolt fajlagos N-tartalmak akár 3,5-szeresen is meghaladhatják a szénák átlagos N-készletét. Ez azt is jelenti, hogy alig 30%-os N-hasznosulással számol, tehát túltrágyázásra és környezetszennyezésre ösztönöz. Nem világos, hogy miért kell PK trágyázást folytatni ott, ahol a talaj igen jól ellátott. A terméssel kivont tápelemek mérlegszerű pótlása, a fenntartás lehet indokolt a kielégítően ellátott talajon. Általában nem ad arra útmutatást, hogy hol felesleges vagy káros a trágyázás.

Eredmények

Csapadékellátottság. Januárban 16, februárban 36, márciusban 29, áprilisban 53, májusban 15 mm eső esett. Az 1. kaszálás május 25-én történt, tehát az év első közel 5 hónapjában összesen 149 mm csapadékban részesült a gyep. Az előző 2004. évben az utolsó kaszálás július 20-án volt és még 2004. év végéig 201 mm csapadék hullott, melynek egy részét az anyaszéna szintén hasznosíthatta 2005-ben. A 2. kaszálásra szeptember 12-én került sor. Júniusban 38, júliusban 124, augusztusban 204, összesen 366 mm eső esett a sarjűszéna 108 napos tenyészideje alatt.

Amint az 1. táblázatban látható, az átlagos növényborítottság 41-ről 77%-ra, az átlagos növénymagasság 64-ről 95 cm-re nőtt a N-trágyázással. A növénymagasságot a P-túlsúly némileg már mérsékelte. Az 1. kaszáláskor (máj. 25-én) a szénatermés 6–7-szeresére emelkedett az együttes NP-kínálattal. Az optimális N-adag $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$, az optimális P-ellátottság a $214 \text{ mg AL-P}_2\text{O}_5 \cdot \text{kg}^{-1}$ tartományban volt. A 2. kaszáláskor (szept. 12.) a termésmaximumok a $300 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$ N-adaghoz kötődtek, a talaj N-készletét az 1. kaszálás termése jelentős részben kimerítette. Míg az 1. kaszálásnál a mérsékelt P-szint átlagosan $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ szénatöbbletet eredményezett a P-kontrollhoz viszonyítva, a 2. kaszálásnál terméstartalom nem jelentkezett. P-igényét a gyep kielégíthette a foszforral gyengén ellátott P-kontroll talajon is.

I. táblázat N×P-ellátottság hatása a gyep fejlődésére és termésére 2005-ben a K-kezelések átlagában (Nagyhörcsök)

| AL-P ₂ O ₅ mg·kg ⁻¹ | (1) N-trágyázás, kg N·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | | | | (2) SzD _{5%} | (3) Átlag |
|---|--|-----|-----|------|--------------------------|--------------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| A. Növényborítottság, % (május 25.) | | | | | | |
| a) Átlag | 41 | 71 | 79 | 77 | 6 | 77 |
| B. Növénymagasság, cm (május 25.) | | | | | | |
| 87 | 68 | 97 | 93 | 97 | | 89 |
| 214 | 65 | 98 | 99 | 97 | 6 | 90 |
| 444 | 64 | 98 | 98 | 98 | | 90 |
| 704 | 60 | 95 | 94 | 90 | | 85 |
| a) Átlag | 64 | 97 | 96 | 95 | 3 | 88 |
| C. Légszáraz széna, t·ha ⁻¹ (1. kaszálás, május 25.) | | | | | | |
| 87 | 1,0 | 4,9 | 4,8 | 5,2 | | 4,0 |
| 214 | 1,2 | 5,2 | 7,0 | 6,6 | 0,6 | 5,0 |
| 444 | 1,2 | 5,3 | 6,5 | 6,8 | | 5,0 |
| 704 | 1,1 | 5,5 | 7,1 | 6,2 | | 5,0 |
| a) Átlag | 1,1 | 5,2 | 6,4 | 6,2 | 0,3 | 4,7 |
| D. Légszáraz széna, t·ha ⁻¹ (2. kaszálás, szept. 12.) | | | | | | |
| 87 | 0,6 | 1,3 | 3,4 | 4,0 | | 2,4 |
| 214 | 0,7 | 1,2 | 2,9 | 4,0 | 0,4 | 2,2 |
| 444 | 0,8 | 1,3 | 2,8 | 4,0 | | 2,2 |
| 704 | 0,7 | 1,5 | 2,7 | 3,7 | | 2,2 |
| a) Átlag | 0,7 | 1,3 | 2,9 | 3,9 | 0,2 | 2,2 |
| E. Légszáraz széna, t·ha ⁻¹ (1. és 2. kaszálás összesen) | | | | | | |
| 87 | 1,6 | 6,2 | 8,2 | 9,3 | | 6,3 |
| 214 | 1,8 | 6,4 | 9,9 | 10,6 | 1,0 | 7,2 |
| 444 | 2,0 | 6,6 | 9,3 | 10,8 | | 7,2 |
| 704 | 1,9 | 7,0 | 9,8 | 9,8 | | 7,1 |
| a) Átlag | 1,8 | 6,6 | 9,3 | 10,1 | 0,5 | 7,0 |

Table 2. Effect of N×P supplies on the development and yield of a sward in 2005, averaged over the K treatments. (1) N fertilization, kg N·ha⁻¹·year⁻¹. (2) LSD_{5%}. (3) and a) Mean. A. Plant cover, % (May 25). B. Plant height, cm (May 25). C. Air-dry hay, t·ha⁻¹ (1st cut, May 25). D. Air-dry hay, t·ha⁻¹ (2nd cut, Sep. 12). E. Air-dry hay, t·ha⁻¹ (1st and 2nd cut, total).

Megemlítjük, hogy a N-kínálattal 3%-kal, a K-kínálattal 2%-kal igazolhatóan mérséklődött a zöld gyep szárazanyag-tartalma, mely 33-ról 28%-ra esett vissza az együttes NK-trágyázás nyomán a kontrollhoz képest. A K-trágyázás mérsékelt (0,9 t·ha⁻¹) szénatöbbletet adott a K-kontrollhoz mérten a két kaszálás összegében. A K-hatás főképpen a nitrogénnel és foszforral jól ellátott parcellákon volt igazolható, ahol a talaj eredeti K-készlete is lecsökkent a korábbi nagy termések K-felvételei miatt.

A szántott réteg elemtartalmát a *Lakanen és Erviö (1971)* által javasolt NH₄-acetát+EDTA kioldással is meghatároztuk. Az abszolút kontroll szénatermésének tömege az elmúlt 5 év során évente átlagosan ötszörösére nőtt az emelkedő NPK-szinteken. Ezzel együtt a talajból felvett K-mennyiség pusztán az elmúlt öt év alatt több, mint 1000 kg·ha⁻¹ értékkel haladta meg a trágyázatlan parcellák K-felvételét.

Hasonló módon az elemi P-felvétel többlete $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($460 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$), a Mg és Na esetében a többlet 60 és $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ feletti mennyiséget tett ki. A 2. táblázatban bemutatott adatok szerint ezek a változások a szántott réteg oldható elemtartalmában is tükröződnek.

Az oldható K-készlet $1/3$ -ával mérséklődött, tendenciájában csökkent a P- és a Sr-, valamint igazolhatóan nőtt a Na-tartalom a N-kínálattal. A P-trágyázással megnyolcszorozódott az oldható P-mennyiség, igazolhatóan emelkedett az Al, Sr és S elemek oldható frakciója. A növekvő K-szintekkel együtt több K, Mg és Ba, illetve kevesebb oldható Na elemet azonosítottunk a szántott rétegben. Úgy tűnik a N-trágyázás bizonyos mértékben mobilizálhatja a talaj Na-készletét, a szuperfoszfáttal végzett feltöltő jellegű trágyázás a talaj Al-készletét, míg a K-műtrágya a talaj Ba-készletének egy részét teszi oldhatóbbá (2. táblázat).

2. táblázat Műtrágyázás hatása a mészlepedékes csernozjom talaj szántott rétegének NH_4 -acetát+EDTA-oldható elemtartalmára, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (2005. október 10.)

| Füzetek NPK-ellátottsági állapotát az elemek tartalmára, mg/kg (2003. október 10.) | | | | | | |
|--|------------------------------|-----|-----|-----|--------------------------|--------------|
| (1) Elem | (2) NPK-ellátottsági szintek | | | | (3) SzD _{5%} | (4) Átlag |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | | |
| A. N-trágyázás hatása (PK-kezelések átlagai) | | | | | | |
| K ₂ O | 338 | 223 | 225 | 216 | 39 | 250 |
| P ₂ O ₅ | 226 | 216 | 205 | 206 | 33 | 213 |
| Sr | 23 | 22 | 22 | 20 | 3 | 22 |
| Na | 10 | 12 | 14 | 14 | 2 | 13 |
| B. P-trágyázás hatása (NK-kezelések átlagai) | | | | | | |
| Al | 104 | 110 | 112 | 123 | 9 | 112 |
| P ₂ O ₅ | 51 | 126 | 261 | 414 | 33 | 213 |
| Sr | 17 | 19 | 25 | 26 | 3 | 22 |
| S | 12 | 13 | 15 | 15 | 2 | 14 |
| C. K-trágyázás hatása (NP-kezelések átlagai) | | | | | | |
| Mg | 562 | 552 | 645 | 626 | 38 | 596 |
| K ₂ O | 158 | 201 | 279 | 363 | 39 | 250 |
| Ba | 17 | 17 | 19 | 19 | 2 | 18 |
| Na | 14 | 14 | 11 | 11 | 2 | 13 |

Megjegyzés: NPK-ellátottsági szintek: lásd 1. táblázat. Ca: 12700, Fe: 98, Ni és Cu: 4, Co: 3, B és Zn: $2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ átlagosan a kezelésektől függetlenül; As, Hg, Cr és Se a $0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ kimutatási határ alatt

Table 3. Effect of mineral fertilization on the NH_4 -acetate+EDTA-soluble nutrient content of the ploughed layer of a chernozem soil, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (10 Oct. 2005). (1) Element. (2) NPK supply levels. (3) LSD_{5%}. (4) Mean. A. Effect of N fertilization (averaged over PK treatments). B. Effect of P fertilization (averaged over NK treatments). C. Effect of K fertilization (averaged over NP treatments). Note: For NPK supply levels, see Table 1. On average, irrespective of the treatments (Ca, Fe, Ni and Cu, Co, B and Zn); As, Hg, Cr and Se were below the $0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ detection limit.

Az elmúlt évtizedekben alkalmazott mészszammon salétrom, illetve NH_4NO_3 N-műtrágya érdemben ugyanis Na elemet nem tartalmazott. Hasonlóképpen a kísérletben felhasznált szuperfoszfátban elenyésző Al volt kimutatható, a kálisóban pedig a Ba szennyeződésként csupán $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ alatti koncentrációban volt jelen. Magyarázható viszont a P, S és Sr elemekben való dúsulás a P-trágyázás nyomán,

hiszen a hazai szuperfoszfátok átlagosan 13% S, 8% körüli elemi P és 1–2% Sr összetétellel rendelkeznek. A kálisóval 1–2% Mg és akár 5–10% Na is kerülhetett a talajba az elmúlt évtizedekben, a korábban végzett műtrágyaelemzéseink szerint (Kádár, 1992). Az oldható Na a várható dúsulás helyett hígul a K-trágyázással, míg a N-trágyázás esetén a várható hígulás helyett dúsul. Kérdés, mit mutat majd a növényi felvétel? Magyarázható-e ez a jelenség a K–Na antagonizmussal, illetve a N–Na szinergizmussal?

A széna elemösszetételének változását tanulmányoztuk az 1. kaszáláskor (2005. május 25.) a N-trágyázás függvényében és a PK-kezelések átlagaiban (3. táblázat). A N-kínálattal megkétszereződött a N- és mintegy ötszörösére ugrott a $\text{NO}_3\text{-N}$ -, valamint a Na-koncentráció a szénában. Igazolható még a Zn-, Cu- és Ba-tartalom emelkedése. Az egyéb bemutatott elemekben nyomon követhető a nagyobb terméssel előállt hígulás. Figyelemre méltó, hogy a ritkábban vizsgált Mo, V és Y mikroelemeknél a koncentráció átlagosan a felére csökkent a N-bőséggel nyomán.

3. táblázat N-műtrágyázás hatása a gyep légszáraz szénájának $\text{NO}_3\text{-N}$ és ásványi elemtartalmára a PK-kezelések átlagában (1. kaszálás, 2005. május 25.)

| (1) Elem jele és mértékegysége | | (2) N-trágyázás, $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1}$ | | | | (3) $\text{SzD}_{5\%}$ | (4) Átlag |
|--------------------------------|----------------------------------|--|------|------|------|------------------------|-----------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K | % | 1,96 | 2,00 | 1,75 | 1,70 | 0,17 | 1,85 |
| N | % | 0,97 | 1,16 | 1,76 | 1,94 | 0,13 | 1,46 |
| P | % | 0,28 | 0,21 | 0,19 | 0,18 | 0,02 | 0,21 |
| S | % | 0,20 | 0,15 | 0,18 | 0,17 | 0,02 | 0,17 |
| $\text{NO}_3\text{-N}$ | % | 0,04 | 0,05 | 0,15 | 0,22 | 0,03 | 0,12 |
| Na | % | 0,03 | 0,10 | 0,16 | 0,14 | 0,04 | 0,11 |
| Cl | % | 0,70 | 0,36 | 0,34 | 0,28 | 0,06 | 0,42 |
| Al | $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 38 | 26 | 32 | 23 | 7 | 30 |
| Zn | $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 15 | 17 | 18 | 18 | 2 | 17 |
| Sr | $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 10 | 11 | 12 | 12 | 2 | 11 |
| Cu | $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 5,1 | 6,3 | 7,1 | 6,7 | 1,0 | 6,3 |
| Ba | $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 2,7 | 3,0 | 3,9 | 4,2 | 0,4 | 3,5 |
| B | $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 3,5 | 3,6 | 3,3 | 3,1 | 0,3 | 3,4 |
| Ni | $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,2 | 0,9 |
| Mo | $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 1,1 | 1,0 | 0,6 | 0,5 | 0,1 | 0,8 |
| Li | $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 196 | 138 | 148 | 143 | 25 | 156 |
| Cr | $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 156 | 124 | 132 | 121 | 14 | 133 |
| V | $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 169 | 82 | 94 | 85 | 29 | 108 |
| Y | $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 26 | 14 | 14 | 13 | 5 | 17 |

Table 4. Effect of N fertilization on the $\text{NO}_3\text{-N}$ and mineral element contents of the air-dry hay of a sward, averaged over the PK treatments (1st cut, 25 May 2005). (1) Element symbol and units. (2) N fertilization, $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$. (3)–(4): see Table 3.

Megemlítjük, hogy a kezelésektől függetlenül a Ca- 0,38%, a Mg- 0,15%, a Mn- 86 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ és Fe-tartalom 74 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ volt. Méréseink szerint az anyaszéna 1200, 123, 114, 74, 44, 24, 21 és 2 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ Ti-, Tl-, Ce-, Co-, Bi-, Sb-, Pd- és Be-készlettel rendelkezett átlagosan. A Se a 600, az As a 400, az Pb a 300, a Hg a 120,

a Cd és a Zn a $20 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ kimutatási határ alatt maradt. Kísérletünk lehetővé teszi a főbb tápelemek közötti kölcsönhatások vizsgálatát. Az 4. táblázatban az N×P és N×K kölcsönhatások tekinthetők át néhány elem szénában mért tartalmára.

A N×P kölcsönhatások nyomán a P% 0,12–0,31 között változott, a javuló N-kínálattal mérséklődött, a P-kínálattal nőtt a tartalom. A Zn esetében megfordult a helyzet: a N növelte a beépülést, míg a P×Zn antagonizmus miatt a P-túlsúly csökkentette. A P/Zn arány ebből adódóan 55–207 között alakult. A $20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ alatti Zn-tartalom, illetve a 200 körüli P/Zn arány már Zn-hiányra utal. A Mo-koncentráció az együttes NP-kínálattal 1/3-ára zuhant (4. táblázat).

A N×K kölcsönhatás eredményeképpen a K% 1,1–2,4 között módosult, a javuló N-kínálattal csökkent, a K-kínálattal emelkedett. A KCl-műtrágyával bevitt Cl^- ion mennyisége nőtt a K-kínálattal és hígult a N-kínálattal, így több mint 4-szeres különbség adódott a széna kloridkészletében. A KCl-műtrágya többkevesebb nátriumot is tartalmaz. Ennek ellenére a széna Na-készlete 1/3-ára esett vissza a K-trágyázással, a K–Na kationantagonizmus hatása érvényesült. A N-trágyázás viszont serkentette a nátrium beépülését, hatására a Na-koncentráció általában ötszörösére emelkedett a szénában (4. táblázat).

Kérdés, hogy ezek a változások mennyiben minősíthetők kedvezőnek, vagy nemkívánatosnak takarmányozási szempontból. Irodalmi adatok szerint a tejelő tehenek számára megfelelő, szárazanyagra számítva a 2–3% N; 1–2% K; 0,5–0,7% Ca; 0,2–0,4% P; 0,1–0,2% Mg és Na, illetve $50\text{--}160 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Fe és Mn; $30\text{--}50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn ; $8\text{--}10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Cu; $5\text{--}8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ B; $0,1\text{--}0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Mo, Se és Co összetételű takarmány (Horváth & Prohászka, 1976; Finck, 1982; Whitehead, 1970). Az állatok sóigényét közismerten csak a szikes gyepek emelkedett NaCl-tartalma képes kielégíteni.

Az irodalmi optimumokkal összevetve kedvezőnek tekinthető a N-trágyázás hatása a N-tartalomra, bár a $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége közelíti a felső határt jelentő 0,25%-hoz a maximális N-adaggal. Kedvező úgyszintén a Na, Zn és Cu elemekre gyakorolt pozitív hatás. Hasonlóképpen a kielégítő P-ellátottság a széna P- és S-készletét, míg a K-kínálat a K^+ - és Cl-készletét javította. Természetszerűen nemkívánatosnak tűnhet a N-bősséggel együtt járó P-, Zn-, K- és kloridtartalom mérséklődése, vagy a P-bősséggel együtt járó Zn- és Mo-, illetve a K-bősség által indukált Na- (és nyomon követhető B-) tartalom csökkenése a szénában.

Az ősszel végzett 2. kaszálás (2005. szept. 12.) kis termésében, az 1. kaszálású szénához képest, a vizsgált elemek többsége feldúsult. Érvényesült a töményedési effektus. Különösen megfigyelhető ez a jelenség a Ca, Mg, Sr és Mo elemeknél, ahol az átlagos koncentráció a tavaszi szénában mértnek 2–3-szorosát is elérheti. A sarjúszenában ugyanakkor drasztikusan (1/3-ára) esett a $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalom az anya szénához viszonyítva. A N-kínálattal itt is mérséklődött a legtöbb elem mennyisége, illetve nőtt a N, $\text{NO}_3\text{-N}$, Na, Mn, Zn, Ba, Cu és Co beépülése. A Se-, As-, Pb- és Hg-koncentráció a kimutatási határok alatt maradt (5. táblázat).

4. táblázat N×P- és N×K-ellátás hatása a gyep légszáraz szénájának elemtartalmára
(1. kaszálás, 2005. május 25.)

| (1) PK-ellátás mg·kg ⁻¹ | (2) N-trágyázás, kg N·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | | | | (3) SzD _{5%} | (4) Átlag |
|---------------------------------------|--|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| <i>AL-P₂O₅</i> | P, % | | | | | |
| 87 | 0,23 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | | 0,15 |
| 214 | 0,29 | 0,21 | 0,20 | 0,18 | 0,04 | 0,22 |
| 444 | 0,28 | 0,25 | 0,21 | 0,20 | | 0,23 |
| 704 | 0,31 | 0,25 | 0,21 | 0,21 | | 0,24 |
| a) Átlag | 0,28 | 0,21 | 0,19 | 0,18 | 0,02 | 0,21 |
| | Zn, mg·kg ⁻¹ | | | | | |
| 87 | 14 | 18 | 22 | 22 | | 19 |
| 214 | 17 | 16 | 18 | 17 | 4 | 17 |
| 444 | 15 | 19 | 17 | 18 | | 17 |
| 704 | 15 | 15 | 14 | 16 | | 15 |
| a) Átlag | 15 | 17 | 18 | 18 | 2 | 17 |
| | Mo, mg·kg ⁻¹ | | | | | |
| 87 | 1,10 | 1,42 | 1,01 | 0,76 | | 1,07 |
| 214 | 1,18 | 0,86 | 0,53 | 0,44 | 0,16 | 0,75 |
| 444 | 0,94 | 0,83 | 0,43 | 0,35 | | 0,64 |
| 704 | 1,03 | 0,70 | 0,30 | 0,34 | | 0,59 |
| a) Átlag | 1,07 | 0,95 | 0,57 | 0,47 | 0,08 | 0,76 |
| <i>AL-K₂O</i> | K, % | | | | | |
| 158 | 1,84 | 1,44 | 1,13 | 1,07 | | 1,37 |
| 201 | 2,01 | 1,86 | 1,54 | 1,43 | 0,34 | 1,71 |
| 279 | 1,96 | 2,29 | 1,91 | 1,91 | | 2,02 |
| 363 | 2,03 | 2,39 | 2,43 | 2,40 | | 2,31 |
| a) Átlag | 1,96 | 2,00 | 1,75 | 1,70 | 0,17 | 1,85 |
| | Cl, % | | | | | |
| 158 | 0,55 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | | 0,26 |
| 201 | 0,74 | 0,42 | 0,35 | 0,27 | 0,12 | 0,45 |
| 279 | 0,74 | 0,44 | 0,39 | 0,30 | | 0,47 |
| 363 | 0,77 | 0,41 | 0,44 | 0,36 | | 0,49 |
| a) Átlag | 0,70 | 0,36 | 0,34 | 0,28 | 0,06 | 0,42 |
| | Na, % | | | | | |
| 158 | 0,03 | 0,18 | 0,23 | 0,18 | | 0,15 |
| 201 | 0,03 | 0,14 | 0,20 | 0,21 | 0,08 | 0,14 |
| 279 | 0,02 | 0,05 | 0,14 | 0,10 | | 0,08 |
| 363 | 0,02 | 0,03 | 0,07 | 0,09 | | 0,05 |
| a) Átlag | 0,03 | 0,10 | 0,16 | 0,14 | 0,04 | 0,11 |

Table 5. Effect of N×P and N×K supplies on the nutrient content of the air-dry hay of a sward (1st cut, 25 May 2005). (1) PK supplies, mg·kg⁻¹. (2)–(4): see Table 3.

5. táblázat N-trágyázás hatása a gyep légszáraz szénájának elemtartalmára, a PK-kezelések átlagában (2. kaszálás, 2005. szept. 12.)

| (1)Elem jele és mértékegysége | | (2) N-trágyázás, kg N·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | | | | (3) SzD _{5%} | (4) Átlag |
|-------------------------------|---------------------|--|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K | % | 2,40 | 2,23 | 2,09 | 2,07 | 0,20 | 2,20 |
| N | % | 1,45 | 1,38 | 1,70 | 1,94 | 0,07 | 1,62 |
| Ca | % | 0,70 | 0,71 | 0,58 | 0,58 | 0,04 | 0,64 |
| P | % | 0,48 | 0,41 | 0,27 | 0,25 | 0,03 | 0,35 |
| Mg | % | 0,34 | 0,31 | 0,30 | 0,31 | 0,03 | 0,32 |
| S | % | 0,36 | 0,27 | 0,21 | 0,20 | 0,02 | 0,26 |
| Na | % | 0,01 | 0,03 | 0,13 | 0,15 | 0,04 | 0,08 |
| NO ₃ -N | mg·kg ⁻¹ | 158 | 122 | 449 | 1043 | 169 | 443 |
| Mn | mg·kg ⁻¹ | 119 | 193 | 174 | 160 | 17 | 161 |
| Fe | mg·kg ⁻¹ | 99 | 74 | 82 | 77 | 17 | 83 |
| Al | mg·kg ⁻¹ | 68 | 39 | 42 | 35 | 16 | 46 |
| Sr | mg·kg ⁻¹ | 22 | 22 | 19 | 19 | 3 | 20 |
| Zn | mg·kg ⁻¹ | 18 | 18 | 19 | 21 | 2 | 19 |
| Ba | mg·kg ⁻¹ | 4,5 | 4,6 | 6,5 | 7,5 | 0,8 | 5,8 |
| Cu | mg·kg ⁻¹ | 4,8 | 4,7 | 5,7 | 6,3 | 0,3 | 5,4 |
| B | mg·kg ⁻¹ | 5,7 | 5,5 | 5,1 | 5,1 | 0,5 | 5,3 |
| Mo | mg·kg ⁻¹ | 4,0 | 4,2 | 1,6 | 1,2 | 0,4 | 2,7 |
| Ni | µg·kg ⁻¹ | 931 | 845 | 858 | 900 | 180 | 883 |
| Cr | µg·kg ⁻¹ | 238 | 220 | 180 | 183 | 76 | 205 |
| Co | µg·kg ⁻¹ | 55 | 51 | 68 | 72 | 11 | 62 |
| Cd | µg·kg ⁻¹ | 41 | 30 | 27 | 21 | 6 | 30 |

Megjegyzés: A Se a 60, az As a 400, az Pb a 300, a Hg a 120 µg·kg⁻¹ kimutathatósági határ alatt.

Table 6. Effect of N fertilization on the nutrient content of the air-dry hay of a sward, averaged over the PK treatments (2nd cut, 12 Sep. 2005). (1)–(4): see Table 4.

A kölcsönhatások kifejezettebbekké váltak az előregedő széna összetételében. Az N×P-ellátottság nyomán a P% 0,18–0,55; a NO₃-N 0,01–0,16%; a Cu 4,7–7,4 mg·kg⁻¹; a Mo 0,7–4,1 mg·kg⁻¹ határok között ingadozott a 6. táblázatban közölt eredmények alapján. A N×K-ellátottsági szintek hatására a K% kerekén 1,4–2,7; a Mg 0,26–0,41%; a Na 71–2178 mg·kg⁻¹; a Ba 4,1–9,6 mg·kg⁻¹; a Cd 15–44 µg·kg⁻¹ minimum–maximum értékeket mutatott a 7. táblázat adatai szerint. A kölcsönhatások vizsgálata tehát kiemelt élettani jelentőséggel bír, amennyiben módosítja a takarmányok, élelmiszerek ásványi összetételét, hatásmechanizmusát. A hely hiányában itt részletesen nem közölt adataink szerint, pl. a 2. kaszálású szénában a Sr 13–30 mg·kg⁻¹ közötti tartományban változott a P×K-ellátottsági szintek függvényében. A bőséges P-kínálattal megkétszereződött a széna Sr-koncentrációja, míg a K-szinteken visszaesett a K–Sr antagonizmus eredményeképpen.

6. táblázat N×P-ellátás hatása a gyep légszárász szénájának elemtartalmára a K-kezelések átlagában (2. kaszálás, 2005. szept. 12.)

| Készletcsökkenés átlagában (2. Készlet, 2000. szept. 12.) | | | | | | |
|---|--|------|------|------|--------------------------|--------------|
| AL-P ₂ O ₅ mg·kg ⁻¹ | (1) N-trágyázás, kg N·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | | | | (2) SzD _{5%} | (3) Átlag |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| P % | | | | | | |
| 87 | 0,36 | 0,22 | 0,17 | 0,18 | 0,06 | 0,23 |
| 214 | 0,48 | 0,41 | 0,26 | 0,25 | | 0,35 |
| 444 | 0,55 | 0,49 | 0,32 | 0,29 | | 0,41 |
| 704 | 0,55 | 0,52 | 0,35 | 0,29 | | 0,43 |
| a) Átlag | 0,48 | 0,41 | 0,27 | 0,25 | 0,03 | 0,35 |
| NO ₃ -N, mg·kg ⁻¹ | | | | | | |
| 87 | 96 | 225 | 835 | 1582 | 337 | 684 |
| 214 | 124 | 148 | 316 | 930 | | 379 |
| 444 | 101 | 181 | 272 | 889 | | 361 |
| 704 | 86 | 160 | 375 | 773 | | 348 |
| a) Átlag | 102 | 178 | 449 | 1043 | 169 | 443 |
| Cu, mg·kg ⁻¹ | | | | | | |
| 87 | 4,8 | 4,9 | 6,9 | 7,4 | 0,6 | 6,0 |
| 214 | 4,8 | 4,6 | 5,6 | 6,3 | | 5,3 |
| 444 | 4,8 | 4,6 | 5,2 | 6,1 | | 5,2 |
| 704 | 4,7 | 4,6 | 5,3 | 5,4 | | 5,0 |
| a) Átlag | 4,8 | 4,7 | 5,7 | 6,3 | 0,3 | 5,4 |
| Mo, mg·kg ⁻¹ | | | | | | |
| 87 | 4,1 | 6,4 | 2,7 | 2,4 | 0,8 | 3,9 |
| 214 | 4,3 | 4,3 | 1,5 | 0,9 | | 2,8 |
| 444 | 3,8 | 3,2 | 1,0 | 0,7 | | 2,2 |
| 704 | 3,5 | 2,8 | 1,0 | 0,7 | | 2,0 |
| a) Átlag | 4,0 | 4,2 | 1,6 | 1,2 | 0,4 | 2,7 |

Table 7. Effect of N×P supplies on the nutrient content of the air-dry hay of a sward established on pseudomycelial chernozem soil, averaged over the K treatments (Nagyhőrcsök, 2nd cut, 12 Sep. 2005). (1)–(3): see Table 2.

Összefoglalás

– A meghatározó N-trágyázás nyomán a szénatermés 5-szörösére emelkedett a két kaszálással a N-kontrollhoz viszonyítva. A maximális 10 t·ha⁻¹ körüli légszárász szénahozamokat a 300 kg N·ha⁻¹·év⁻¹ N-adag, valamint a 150 mg·kg⁻¹ körüli AL-P₂O₅-, illetve 150 mg·kg⁻¹ feletti AL-K₂O-tartalom biztosította. Növénydiagnosztikai szempontból a nagy terméshez kötődő optimális elemtartalom 2% körüli N- és K-, illetve 0,2–0,3% P-koncentráció volt a szénában.

– A két kaszálással felvett minimum (a 2 t·ha⁻¹ körüli szénatermést adó N-kontroll) és maximum (a 10 t·ha⁻¹ körüli szénahozamú, nitrogénnel és PK-vel jól ellátott talajok) elem mennyiségek a következőképpen alakultak: N 21–196 kg, K 39–188 kg, Ca 9–48 kg, Mg 4–22 kg, P 6–21 kg.

7. táblázat N×K-ellátás hatása a gyeplégszáraz szénájának elemtartalmára a P-kezelések átlagában (2. kaszálás, 2005. szept. 12.)

| AL-K ₂ O mg·kg ⁻¹ | (1) N-trágyázás, kg N·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | | | | (2) SzD _{5%} | (3) Átlag |
|--|--|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K % | | | | | | |
| 158 | 2,27 | 1,97 | 1,48 | 1,44 | 0,40 | 1,79 |
| 201 | 2,38 | 2,26 | 1,93 | 1,85 | | 2,10 |
| 279 | 2,47 | 2,22 | 2,47 | 2,28 | | 2,36 |
| 363 | 2,49 | 2,48 | 2,48 | 2,73 | | 2,54 |
| a) Átlag | 2,40 | 2,23 | 2,09 | 2,07 | 0,20 | 2,20 |
| Mg % | | | | | | |
| 158 | 0,36 | 0,35 | 0,41 | 0,39 | 0,06 | 0,38 |
| 201 | 0,33 | 0,33 | 0,28 | 0,33 | | 0,32 |
| 279 | 0,33 | 0,29 | 0,28 | 0,26 | | 0,29 |
| 363 | 0,33 | 0,28 | 0,24 | 0,26 | | 0,28 |
| a) Átlag | 0,34 | 0,31 | 0,30 | 0,31 | 0,03 | 0,32 |
| Na, mg·kg ⁻¹ | | | | | | |
| 158 | 113 | 615 | 2127 | 2178 | 648 | 1258 |
| 201 | 70 | 324 | 1574 | 1986 | | 989 |
| 279 | 60 | 160 | 1052 | 1124 | | 599 |
| 363 | 71 | 94 | 531 | 613 | | 327 |
| a) Átlag | 79 | 298 | 1321 | 1475 | 324 | 793 |
| Ba, mg·kg ⁻¹ | | | | | | |
| 158 | 4,1 | 3,9 | 7,0 | 6,2 | 1,6 | 5,3 |
| 201 | 4,3 | 4,4 | 6,5 | 5,7 | | 5,2 |
| 279 | 4,8 | 4,5 | 6,3 | 8,5 | | 6,0 |
| 363 | 4,9 | 5,5 | 6,1 | 9,6 | | 6,5 |
| a)Átlag | 4,5 | 4,6 | 6,5 | 7,5 | 0,8 | 5,8 |
| Cd, µg·kg ⁻¹ | | | | | | |
| 158 | 44 | 29 | 39 | 27 | 13 | 35 |
| 201 | 42 | 32 | 26 | 24 | | 31 |
| 279 | 39 | 33 | 23 | 17 | | 28 |
| 363 | 38 | 26 | 21 | 15 | | 25 |
| a) Átlag | 41 | 30 | 27 | 21 | 6 | 30 |

Table 8. Effect of N×K supplies on the nutrient content of the air-dry hay of a sward established on pseudomycelial chernozem soil, averaged over the P treatments (2nd cut, 12 Sep. 2005). (1)–(3): see Table 2.

– Az N×P és N×K kölcsönhatások kifejezettebbé váltak a 2. kaszálás idején. A P 0,18–0,55%, a NO₃-N 86–1582 mg·kg⁻¹, a Cu 4,7–7,4 mg·kg⁻¹, a Mo 0,7–4,1 mg·kg⁻¹ extrém értékeket jelzett az N×P kezelések függvényében. Az N×K kezelésekben a K 1,44–2,73%, a Mg 0,26–0,39%, a Na 71–2178 mg·kg⁻¹, a Ba 4,1–9,6 mg·kg⁻¹, a Cd 15–44 µg·kg⁻¹ szélsőértékekkel volt jellemezhető. A Sr a 10–26 mg·kg⁻¹ koncentrációtartományban módosult a P×K-ellátottság nyomán. Élettani, takarmányozástani szempontból az indukált kölcsönhatások nyomon követése elengedhetetlen, amennyiben olyan mérvű extrém tápelemhiányok, illetve

aránytalanságok jöhetnek létre, melyek anyagcserezavarokat okozhatnak a növényt fogyasztó állatban.

Kádár I. (2010): Results of fertilisation in the 5th year, 2005 (Summary)

- N fertilization was decisive, resulting in a 5-fold increase in hay yield over the two cuts, compared with the N control. The maximum air-dry hay yield of around 10 t·ha⁻¹ was achieved with the 300 kg·ha⁻¹·year⁻¹ N rate, combined with AL-P₂O₅ and AL-K₂O contents of around 150 mg·kg⁻¹ and over 150 mg·kg⁻¹, respectively. From the plant diagnostic point of view, the optimum element content in the hay for high yields was around 2% N and K and 0.2–0.3% P.
- The minimum and maximum element quantities taken up by the two cuts in the N control, which gave a hay yield of around 2 t·ha⁻¹, and on soil well supplied with nitrogen and PK, giving a yield of 10 t·ha⁻¹, were 21 and 196 kg N, 39 and 188 kg K, 9 and 48 kg Ca, 4 and 22 kg Mg, and 6 and 21 kg P, respectively.
- The N×P and N×K interactions became more pronounced in the 2nd cut. As a function of the N×P treatments, extreme values of 0.18–0.55% were observed for P, 86–1582 mg·kg⁻¹ for NO₃-N, 4.7–7.4 mg·kg⁻¹ for Cu and 0.7–4.1 mg·kg⁻¹ for Mo. In the N×K treatments extreme values of 1.44–2.73% for K, 0.26–0.39% for Mg, 71–2178 mg·kg⁻¹ for Na, 4.1–9.6 mg·kg⁻¹ for Ba and 15–44 µg·kg⁻¹ for Cd were typical. Sr concentrations ranged from 10–26 mg·kg⁻¹ in response to P×K supplies. From the physiological and feeding point of view it is essential to monitor these interactions, to avoid nutrient deficiencies or imbalances large enough to cause metabolic disturbances in the animals consuming the fodder.

6. Műtrágyahatások vizsgálata a 6. éves gyepen 2006-ban

Eredmények

Az 1. táblázatban a meghatározó NxP ellátottsági szintek hatása tanulmányozható a gypszéna termésére a K-szintek átlagában. Látható, hogy az 1. kaszálású anyaszéna adta a terméstömeg ¾-ét. Ekkor még a P-hatások is kifejezettek ezen a P-ral gyengén ellátott talajon. Ismert, hogy a talaj P-formái száraz tavaszon nehezebben oldódnak. Ez a körülmény is hozzájárulhatott a kiugró P-hatásokhoz. A N nélkül azonban a P-trágyázás hatástalan. Az NP-kontrollon mért termés 5,5-szörösére nő az együttes és bőséges NP-kínálattal. A legnagyobb, extrém NP-túlsúlyos kezelésben azonban már depresszió figyelhető meg. Az emelkedő K-ellátási szintek is igazolható többlettermést adtak. Az 1. kaszálás idején 1,1 t/ha plusz szénahozamot mértünk a K-kontrollhoz viszonyítva. A K-trágyázás a NP-vel jól ellátott talajon jelentkezett, ahol a talaj AL-oldható K₂O tartalma 150 mg/kg körüli értékre süllyedt.

1.táblázat Az N x P ellátottsági szintek hatása a gyepszéna termésére 2006-ban, K-kezelések átlagai

| Készletek átlagai | | | | | | |
|---|-----------------------------|-----|-----|------|-----------------------|-----------|
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| 2006. 06.08-án, 1. kaszálás t/ha (5) | | | | | | |
| 87 | 1,4 | 5,0 | 4,8 | 4,9 | 0,6 | 4,0 |
| 214 | 1,5 | 6,0 | 7,1 | 6,7 | | 5,3 |
| 444 | 1,6 | 6,3 | 7,9 | 7,8 | | 5,9 |
| 704 | 1,5 | 6,1 | 7,7 | 7,2 | | 5,6 |
| Átlag (4) | 1,5 | 5,9 | 6,9 | 6,6 | 0,3 | 5,2 |
| 2006.09.11-én, 2. kaszálás t/ha (6) | | | | | | |
| 87 | 0,5 | 0,9 | 1,9 | 2,1 | 0,4 | 1,4 |
| 214 | 0,5 | 0,8 | 1,8 | 2,3 | | 1,4 |
| 444 | 0,5 | 0,8 | 1,5 | 2,5 | | 1,3 |
| 704 | 0,5 | 0,9 | 1,8 | 2,5 | | 1,4 |
| Átlag (4) | 0,5 | 0,8 | 1,7 | 2,4 | 0,2 | 1,4 |
| Két kaszálás összege 2006-ban, t/ha (7) | | | | | | |
| 87 | 1,9 | 5,9 | 6,7 | 7,1 | 0,8 | 5,4 |
| 214 | 2,0 | 6,9 | 8,9 | 9,0 | | 6,7 |
| 444 | 2,1 | 7,1 | 9,3 | 10,3 | | 7,2 |
| 704 | 2,0 | 7,0 | 9,5 | 9,6 | | 7,0 |
| Átlag (4) | 2,0 | 6,7 | 8,6 | 9,0 | 0,4 | 6,6 |

Megjegyzés: Növényállomány magassága az 1. kaszáláskor 83-100 cm, 2. kaszáláskor 12-34 cm között változott az NP-kezelések függvényében. A friss fű légszárazanyaga 1. kaszálásnál átlagosan 33% volt. A 2. kaszálásnál 36% (NP kontroll) és 42% (NP trágyázott) között módosult.

Table 1: Effect of N x P supply levels on the hay yield in 2006, in the average of K-treatments. Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ in plowlayer, mg/kg (1), N fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), 1st cut hay yield on 08 July 2006, t/ha (5), 2nd cut hay yield on 11 September 2006, t/ha (6), Sum of the two cuts in 2006, t/ha (7). Note: The height of the grass was 83-100 cm at the 1st cut, 12-34 cm at the 2nd cut according to the NP-treatments. Air dry matter content of the fresh grass was 33% at the 1st cut, while at the 2nd cut it was 36% (on NP control) and 42% (NP-fertilized).

A 2. kaszálás idején a P-hatások elmaradnak, a gyepek kisebb termésének P-igényét kielégíthette a P-ral gyengén ellátott talajon is. A N-készlet ugyanakkor már lecsökkent a talajban, így a 300 kg/év N-kezelés is tovább növeli igazolhatóan a sarjuszéna hozamát. A két kaszálás összegét tekintve kerekén 2-10 t/ha között ingadozott a széna tömege. A kontrollhoz viszonyítva a 100 kg/ha/év kezelés átlagosan 4,7 t/ha, a 200 kg/ha/év N-adag 6,6 t/ha, a 300 kg/ha/év 7,0 t/ha széna többletet produkált. Az 1 kg N-re jutó többlettermés az 1. N-adag esetében tehát 47 kg, a 200 kg/ha/év kezelésben 33 kg, a 300 kg/ha/év kezelésben 23 kg széna. A hazai és a nemzetközi szakirodalomban elfogadott, hogy jó N-hatásról beszélhetünk, amennyiben 1 kg N-re 25 kg/ha körüli többlettermés képződik.

Megemlítjük még, hogy a kaszálások idején végzett vizuális megfigyeléseink szerint (bonitálás) az NP-hiányos talajon az állomány fejletlen, ritka és sárgás színű volt. A bőséges NP-kínálattal jól fejlett, sűrű, zöldellő állomány képződött. A növényállomány átlagos magassága az 1. kaszálás idején az NP-hiányos

parcellákon 83 cm, az NP-trágyázotton 100 cm körüli volt. A 2. szeptemberi kaszálás idején 12 cm és 34 cm magasságú gypet regisztráltunk az említett kezelésekben. A zöld fű légszáranyag tartalma az 1. kaszáláskor átlagosan 33% volt a kezelésektől függetlenül. A szeptemberi kaszálásnál a trágyázatlan talajon nőtt fejletlen állomány 36%, míg az NP-túlsúlyos talajon nőtt előregedő állomány 42% szárazanyag tartalommal bírt.

2.táblázat N-műtrágyázás hatása a gypszéna összetételére 2006-ban a PK kezelések átlagában

kezelések alatt

| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | N-trágyázás, N kg/ha/év (3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|---------------------------------|------------------|-----------------------------|------|------|------|-----------------------|-----------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| 1. kaszálás 2006. 06.08-án (6) | | | | | | | |
| C | % | 38,9 | 40,1 | 40,4 | 40,0 | 0,5 | 39,8 |
| C/N | arány (7) | 51,9 | 44,6 | 29,5 | 23,8 | 8,2 | 34,0 |
| N | % | 0,75 | 0,90 | 1,37 | 1,68 | 0,10 | 1,17 |
| K | % | 1,73 | 1,65 | 1,33 | 1,30 | 0,16 | 1,50 |
| Ca | % | 0,33 | 0,33 | 0,39 | 0,45 | 0,04 | 0,37 |
| P | % | 0,30 | 0,19 | 0,17 | 0,17 | 0,02 | 0,21 |
| S | % | 0,18 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,02 | 0,15 |
| Na | % | 0,02 | 0,08 | 0,11 | 0,09 | 0,03 | 0,07 |
| Mn | mg/kg | 54 | 69 | 78 | 81 | 9 | 70 |
| Zn | mg/kg | 16 | 17 | 18 | 21 | 2 | 18 |
| Cu | mg/kg | 2,1 | 2,8 | 3,6 | 4,0 | 0,2 | 3,1 |
| Ba | mg/kg | 2,1 | 2,6 | 3,1 | 3,6 | 0,6 | 2,9 |
| NO ₃ -N | mg/kg | 0,2 | 0,1 | 0,6 | 1,4 | 0,2 | 0,6 |
| széna (8) | t/ha | 1,5 | 5,9 | 6,9 | 6,6 | | |
| 2. kaszálás 2006. 09. 11-én (9) | | | | | | | |
| C | % | 38,7 | 39,6 | 39,7 | 39,6 | 0,4 | 39,4 |
| C/N | arány(7) | 30,5 | 30,9 | 22,3 | 18,4 | 6,8 | 24,3 |
| N | % | 1,27 | 1,28 | 1,78 | 2,15 | 0,10 | 1,62 |
| K | % | 2,00 | 1,72 | 1,58 | 1,50 | 0,16 | 1,69 |
| P | % | 0,45 | 0,40 | 0,26 | 0,23 | 0,03 | 0,33 |
| S | % | 0,30 | 0,24 | 0,21 | 0,21 | 0,02 | 0,24 |
| Na | % | 0,01 | 0,05 | 0,11 | 0,09 | 0,03 | 0,06 |
| Mn | mg/kg | 100 | 108 | 147 | 154 | 13 | 127 |
| Zn | mg/kg | 18 | 16 | 20 | 23 | 2 | 19 |
| Cu | mg/kg | 3,8 | 3,5 | 4,6 | 5,4 | 0,4 | 4,3 |
| Ba | mg/kg | 4,6 | 4,4 | 6,6 | 9,1 | 2,3 | 6,2 |
| Cr | µg/kg | 419 | 434 | 325 | 237 | 46 | 354 |
| Co | µg/kg | 101 | 72 | 85 | 70 | 16 | 82 |
| Cd | µg/kg | 42 | 26 | 25 | 27 | 4 | 30 |
| széna (8) | t/ha | 0,5 | 0,8 | 1,7 | 2,4 | | |

Table 2. Effect of N-fertilization on the element content of the air-dried hay in 2006 in the average of the NP treatments. Measured element (1), Measuring unit (2), N-fertilization, N kg/ha/yr (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), 1st cut on 08 July 2006 (6),ratio (7), hay (8), 2nd cut on 11 September 2006 (9)

A 2. táblázat adatai szerint a széna C-tartalma mindkét kaszálásnál 40% alatt maradt és a N-trágyázással némileg emelkedett. A N-adagokkal kifejezettebben nőtt a N %-a, így a C/N aránya drasztikusan szűkült. A N-bőség tehát gyorsabban bomló és emészthető szénát eredményezett. Az is látható, hogy az 1. kaszálás szénája ásványi elemekben szegényebb, a nagyobb terméssel hígulási, illetve a sarjúszéna kisebb tömegű termésével töményedési effektus érvényesült. A 2. kaszálás idején több mint 2-szeresére nőtt az átlagos Ca, Mg, Sr és Ba, 3-szorosára a Mo, illetve megnégyszereződött a Mo koncentrációja az anyaszéna összetételéhez viszonyítva. Kimutathatóvá vált a Cr, Co, Cd is a sarjúszenában.

Az 1. kaszáláskor a Ca 0,37%, Mg 0,15%, a Fe átlagosan 112, Al 75, Sr 12, B 1-2, Mo 0,8 mg/kg tartalmat mutatott, míg a Cr és Co 100, a Cd 20 µg/kg kimutatási határ alatt maradt. A 2. kaszálásnál a Ca 0,81%, a Mg 0,32%, a Fe 145, Al 99, Sr 24, B 6,3 mg/kg, illetve a Mo 2,4 mg/kg átlagos koncentrációt jelzett. A Se 0,6 mg/kg, As 0,4 mg/kg, Pb 0,3 mg/kg, Hg 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt maradt mindkét időpontban.

Az 1. kaszáláskor a N-trágyázással emelkedett nemcsak a N és a NO₃-N, hanem a Ca, Na, Mn, Zn, Cu, Ba kationok beépülése is a szénába. A nagyobb terméstmegben hígult viszont a K, P, S koncentrációja. A 2. kaszáláskor már a NO₃-N nyomokban sem volt kimutatható a növényben. Itt is megfigyelhető viszont a N-kínálat felvételt serkentő hatása nemcsak a N-re, hanem a Na, Mn, Zn, Cu, Ba kationokra. Hasonlóképpen a kiváltott hígulási effektus a K, P, S makroelemekre. Mérséklődik a Cr, Co, Cd nehézfémek tartalma is a sarjújában a 2. táblázatban közöltek szerint. Külön figyelmet érdemel a Na csaknem nagyságrendbeli, kiugró dúsulása mindkét kaszálás idején a szénában, mely a N „Na-hajtó” szerepére utal.

A szuperfoszfáttal végzett P-trágyázás nyomán nő a széna P, S és Sr koncentrációja. A műtrágya összetételéből eredően P és S makroelemeken kívül 1-2% Sr szennyeződést is tartalmazhat korábbi elemzéseink szerint (Kádár 1992). Ugyanakkor a Zn, Cu és Mo antagonistája a P a növényi felvétel során közismerten. A Na és a NO₃-N a nagyobb terméssel előálló hígulása, jobb felvételre vezethető vissza. Említésre méltó, hogy a Mn az 1. kaszálás idején 50-ről 80 mg/kg-ra, a 2. kaszálás idején 100 mg/kg értékről 190 mg/kg-ra emelkedett az együttes és bőséges NP-kínálattal. A P-trágyázással mérséklődik a Cr és a Co nehézfémek beépülése is a sarjúszenába a 3. táblázat eredményei szerint.

Az emelkedő K-ellátás a K %-át növelte, de az összes egyéb elem beépülését mérsékelte. Mindez részben visszavezethető némileg a hígulási effektusra (N, P, S), illetve döntően a K és az egyéb kationok, fémek közötti antagonizmusra (Mg, Na, Sr főként). De ismert a K B-felvétel gátlásában játszott szerepe is. A kálisó szennyezésként akár 5-10% Na-ot is tartalmazhat, míg a N-műtrágyából hiányzik. Ennek ellenére amint láttuk a N-trágyázás nyomán a széna Na koncentrációja többszörösére dúsult, míg a K-túlsúlyos talajon fejlődő szénában harmadára, ötödére esik vissza. Meghatározóak tehát a növényi felvétel során lejátszódó szinergista, vagy antagonista hatások az elemek között (4. táblázat).

3.táblázat P-műtrágyázás hatása a gyepszéna összetételére 2006-ban az NK kezelések átlagában

kezelések alatt

| Elem jele (1) | Mérték- egység(2) | AL-P ₂ O ₅ , mg/kg a szántott rétegben(3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|---------------------------------|----------------------|---|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | | 87 | 214 | 444 | 704 | | |
| 1. kaszálás 2006. 06.08-án (6) | | | | | | | |
| P | % | 0,14 | 0,21 | 0,23 | 0,25 | 0,02 | 0,21 |
| S | % | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,02 | 0,15 |
| Na | % | 0,10 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,03 | 0,07 |
| Zn | mg/kg | 21 | 17 | 17 | 16 | 2 | 18 |
| Sr | mg/kg | 8 | 11 | 12 | 15 | 2 | 12 |
| Cu | mg/kg | 3,2 | 3,1 | 3,1 | 3,0 | 0,2 | 3,1 |
| Mo | mg/kg | 1,2 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,2 | 0,8 |
| NO ₃ -N | mg/kg | 0,9 | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,6 |
| 2. kaszálás 2006. 09. 11-én (7) | | | | | | | |
| P | % | 0,21 | 0,34 | 0,38 | 0,40 | 0,03 | 0,33 |
| S | % | 0,21 | 0,24 | 0,25 | 0,26 | 0,02 | 0,24 |
| Na | % | 0,09 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,06 |
| Mn | mg/kg | 106 | 133 | 130 | 139 | 13 | 127 |
| Zn | mg/kg | 20 | 20 | 19 | 18 | 2 | 19 |
| Sr | mg/kg | 16 | 22 | 26 | 30 | 2 | 24 |
| Cu | mg/kg | 4,8 | 4,4 | 4,0 | 4,1 | 0,4 | 4,3 |
| Mo | mg/kg | 3,2 | 2,5 | 2,1 | 1,8 | 0,4 | 2,4 |
| Cr | µg/kg | 435 | 381 | 320 | 278 | 46 | 354 |
| Co | µg/kg | 100 | 89 | 71 | 69 | 16 | 82 |

Table 3. Effect of P-fertilization on the element content of the air-dried hay in 2006 in the average of the NK treatments. Measured element (1), Measuring unit (2), Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ mg/kg in plowlayer (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), 1st cut on 08 July 2006 (6), 2nd cut on 11 September 2006 (7)

A következő táblázatban példaképpen bemutatjuk a tápláltsági szintek közötti kölcsönhatásokat a Na, Sr és a Mo koncentrációira a vizsgált szénában. A Na-tartalomban 15-20-szoros különbséget találunk az NxK szintek függvényében. Az adatok g/kg mértékegységben, azaz ezrelékben vannak megadva. A Sr-tartalomban átlagosan 2-szeres eltéréseket találunk. A 2. kaszálás idején ezek a kölcsönhatások élesebben jelentkezhetnek. A Mo esetében az anyaszénában mintegy 4-szeres a sarjúszenában 13-15-szörös eltéréseket produkált az extrém NxP táplálás (5. táblázat).

Különböző irodalmi források szerint a pillangós nélküli gyep kielégítő elemellátottságát az alábbi optimális koncentrációk tükrözhetik a szénában: 1,5-2,5% N és K; 0,3-0,5% Ca; 0,2-0,3% P; 0,1-0,3% S; 0,1-0,2% Mg; 35-100 mg/kg Fe és Mn; 25-50 mg/kg Zn; 5-10 mg/kg Cu és B; 0,1-0,5 mg/kg Mo, Co, Se (Horváth és Prohászka 1976, 1979; Romasev 1960; Finck 1982; Bergmann 1992). A közölt diagnosztikai határértékek alapján a kiegyensúlyozott tápláltsági állapotnak a 0,8-1,2 körüli N/K; 8-12 közötti N/P; 10-20 közötti N/S, vagy K/Mg; 50-150 P/Zn, illetve 10-50 közötti Cu/Mo arányok felelhetnek meg. Ezek az arányok növényélettani és takarmányozási szempontból egyaránt a figyelem középpontjában állnak.

Az általunk vizsgált gyepek N-ellátottsága csak a 200 kg/ha/év vagy e fölötti N-adagnál volt megfelelő. A K-ellátottság és a P-ellátottság kielégítőnek minősíthető korábbi évek eredményeit is figyelembe véve a 150-200 mg/kg tartományban. A Ca, Mg, S, Fe, Mn elemekben a termőhely kielégíthette a gyepek igényeit a különböző N,P,K-ellátottsági szintek módosító hatására tekintettel is. Megemlítjük, hogy pl. a Mn az NP-kínálattal 50-ről 80 mg/kg-ra emelkedett az 1. kaszáláskor, míg a sarjában 100 mg/kg-ról 190 mg/kg értékre. Tehát Mn-túlsúlyt indukált a bőséges és együttes NP-trágyázás a kis termésben.

4.táblázat. K-műtrágyázás hatása a gyepszéná összetételére 2006-ban az NP kezelések átlagában

kezelések alatt

| Elem jele (1) | Mérték- egység(2) | AL-K ₂ O mg/kg a szántott rétegben(3) | | | | SzD _{5%} (4) | Átlag (5) |
|---------------------------------|----------------------|--|------|------|------|--------------------------|--------------|
| | | 158 | 201 | 279 | 363 | | |
| 1. kaszálás 2006. 06.08-án (6) | | | | | | | |
| N | % | 1,27 | 1,18 | 1,17 | 1,08 | 0,10 | 1,17 |
| K | % | 1,15 | 1,36 | 1,65 | 1,85 | 0,16 | 1,50 |
| Ca | % | 0,45 | 0,40 | 0,34 | 0,30 | 0,04 | 0,37 |
| P | % | 0,23 | 0,21 | 0,20 | 0,19 | 0,02 | 0,21 |
| S | % | 0,16 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 0,02 | 0,15 |
| Mg | % | 0,18 | 0,16 | 0,14 | 0,13 | 0,02 | 0,15 |
| Na | % | 0,10 | 0,10 | 0,06 | 0,03 | 0,03 | 0,07 |
| Zn | mg/kg | 19 | 19 | 18 | 16 | 2 | 18 |
| Sr | mg/kg | 13 | 12 | 11 | 10 | 2 | 12 |
| Cu | mg/kg | 3,4 | 3,2 | 3,0 | 2,9 | 0,2 | 3,1 |
| B | mg/kg | 2,0 | 1,7 | 1,5 | 1,3 | 0,2 | 1,6 |
| Co | µg/kg | 78 | 67 | 58 | 42 | 18 | 61 |
| 2. kaszálás 2006. 09. 11-én (7) | | | | | | | |
| N | % | 1,71 | 1,62 | 1,61 | 1,54 | 0,10 | 1,62 |
| K | % | 1,37 | 1,55 | 1,80 | 2,03 | 0,16 | 1,69 |
| Ca | % | 0,89 | 0,82 | 0,81 | 0,72 | 0,06 | 0,81 |
| Mg | % | 0,36 | 0,32 | 0,30 | 0,28 | 0,03 | 0,32 |
| P | % | 0,35 | 0,33 | 0,32 | 0,32 | 0,03 | 0,33 |
| S | % | 0,25 | 0,24 | 0,23 | 0,23 | 0,02 | 0,24 |
| Na | % | 0,10 | 0,09 | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,06 |
| B | mg/kg | 6,4 | 5,8 | 5,6 | 5,3 | 0,6 | 5,8 |
| Cu | mg/kg | 4,7 | 4,3 | 4,1 | 4,2 | 0,4 | 4,3 |
| Co | µg/kg | 89 | 83 | 79 | 77 | 16 | 82 |

Kielégítő ellátottság irodalmi források szerint: 1,5-2,5% N és K; 0,2-0,3% P; 0,1-0,3% S; 0,3-0,5% Ca; 0,1-0,2% Mg; 35-100 mg/kg Mn és Fe; 30-50 mg/kg Zn; 8-12 mg/kg Cu; 0,1-0,5 mg/kg Mo, Co, Se.

Table 4. Effect of K-fertilization on the element content of the air-dried hay in 2006 in the average of the NP treatments. Measured element (1), Measuring unit (2), Ammoniumlactate (AL) soluble K₂O mg/kg in plowlayer (3), LSD_{5%} (4), Mean (5), 1st cut on 08 July 2006 (6), 2nd cut on 11 September 2006 (7). Note: Satisfactory supply according to literature: 1.5-2.5% N and K; 0.2-0.3% P; 0.1-0.3% S; 0.3-0.5% Ca; 0.1-0.2% Mg; 35-100 mg/kg Mn and Fe; 30-50 mg/kg Zn; 8-12 mg/kg Cu; 0.1-0.5 mg/kg Mo, Co, Se

5. táblázat N x K ellátottsági szintek hatása a gypszena Na, Sr, valamint NxP a Mo tartalmára 2006-ban

| Mo tartalmára 2000-ban | | | | | | |
|--------------------------------|--|------|------|------|--------------------------|--------------|
| N-trágyázás | AL-K ₂ O mg/kg a szántott rétegben (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
| N kg/ha/év (1) | 138 | 201 | 279 | 363 | | |
| Na g/kg június 8-án (5) | | | | | | |
| 0 | 0,16 | 0,15 | 0,20 | 0,08 | 0,50 | 0,15 |
| 100 | 1,33 | 1,14 | 0,36 | 0,20 | | 0,76 |
| 200 | 1,49 | 1,23 | 1,10 | 0,52 | | 1,08 |
| 300 | 1,14 | 1,36 | 0,64 | 0,46 | | 0,90 |
| Átlag (4) | 1,03 | 0,97 | 0,57 | 0,31 | 0,25 | 0,72 |
| Na g/kg szeptember 11-én (6) | | | | | | |
| 0 | 0,14 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,52 | 0,10 |
| 100 | 0,99 | 0,53 | 0,19 | 0,11 | | 0,45 |
| 200 | 1,59 | 1,54 | 1,02 | 0,30 | | 1,11 |
| 300 | 1,18 | 1,33 | 0,52 | 0,41 | | 0,86 |
| Átlag (4) | 0,97 | 0,88 | 0,45 | 0,22 | 0,26 | 0,63 |
| Sr mg/kg június 8-án (7) | | | | | | |
| 0 | 11 | 11 | 10 | 9 | 4 | 10 |
| 100 | 11 | 11 | 10 | 10 | | 11 |
| 200 | 14 | 12 | 11 | 10 | | 12 |
| 300 | 16 | 16 | 12 | 10 | | 13 |
| Átlag (4) | 13 | 12 | 11 | 10 | 2 | 12 |
| Sr mg/kg szeptember 11-én (8) | | | | | | |
| 0 | 18 | 17 | 16 | 15 | 4 | 16 |
| 100 | 24 | 22 | 21 | 20 | | 22 |
| 200 | 31 | 26 | 26 | 23 | | 26 |
| 300 | 33 | 30 | 28 | 26 | | 29 |
| Átlag (4) | 26 | 24 | 23 | 21 | 2 | 24 |
| N-trágyázás | AL-P ₂ O ₅ , mg/kg a szántott rétegben (9) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
| N kg/ha/év (1) | 87 | 214 | 444 | 704 | | |
| Mo mg/kg június 8-án (10) | | | | | | |
| 0 | 1,13 | 1,08 | 1,04 | 1,13 | 0,24 | 1,09 |
| 100 | 1,12 | 0,96 | 0,81 | 0,77 | | 0,92 |
| 200 | 1,16 | 0,66 | 0,41 | 0,34 | | 0,64 |
| 300 | 0,83 | 0,44 | 0,31 | 0,26 | | 0,46 |
| Átlag (4) | 1,06 | 0,78 | 0,64 | 0,62 | 0,12 | 0,78 |
| Mo mg/kg szeptember 11-én (11) | | | | | | |
| 0 | 4,01 | 4,01 | 4,09 | 3,80 | 0,80 | 3,98 |
| 100 | 4,77 | 3,84 | 3,04 | 2,54 | | 3,55 |
| 200 | 2,17 | 1,63 | 0,90 | 0,58 | | 1,32 |
| 300 | 1,81 | 0,65 | 0,37 | 0,31 | | 0,79 |
| Átlag (4) | 3,19 | 2,53 | 2,10 | 1,81 | 0,40 | 2,41 |

Table 5: Effect of NxK supply levels on the Na and Sr contents as well as effect of NxP supply levels on the Mo content of the air-dried hay in 2006. N-fertilization, N kg/ha/yr (1), Ammoniumlactate (AL) soluble K₂O mg/kg in plowlayer (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Na g/kg on 08 July 2006 (5), Na g/kg on 11 September 2006 (6), Sr mg/kg on 08 July 2006 (7), Sr mg/kg on 11 September 2006 (8), Ammoniumlactate (AL) soluble P₂O₅ mg/kg in plowlayer (9), Mo mg/kg on 08 July 2006 (10), Mo mg/kg on 11 September 2006 (11)

A Zn-tartalom látens hiányra utal már a kontroll talajon mindkét kaszáláskor. A P-trágyázással a Zn-tartalom tovább csökken. A P/Zn aránya a P-kontroll talajon 67, illetve 105 az 1. és 2. kaszálás idején. A kontroll talaj mindkét elemében szegény, tehát aránytalanság még nem áll fenn. A P-túlsúlyos talajon a P/Zn aránya 156, illetve 222 a kaszálások idején. Az indukált Zn-hiány nyilvánvalóvá válik. A Cu és a B is alacsony ellátottságot jelez. A Mo viszont nagyon mobilis karbonátos talajokban. Kísérletünkben az 1. kaszáláskor a kontroll talajon 1 mg/kg feletti, míg a 2. kaszáláskor 4 mg/kg feletti koncentrációt ért el. A Cu/Mo aránya 1-2 körüli értékre szűkült ezeken a parcellákon, mely erősítheti a Cu-hiányt, hiányt indukálhat. Igaz, hogy az NPK-trágyázással az 1/5-ére vagy az eredeti 1/10-ére is eshet a kontrollon mért Mo tartalma és a Cu/Mo aránya 10 fölé emelkedhet (5. táblázat).

Kísérletünkben a Cu/Mo aránya esetenként a 2 alá szűkült vagy a 15 fölé emelkedett. Egy adott termőhelyen, adott évben is jelentős elemaránytalanságok léphetnek fel a takarmány összetételében. A figyelmeztetést komolyan kell venni, ellenőrizni kell a takarmányok összetételét, elemezni kell a műtrágyázás sokoldalú befolyását a környezetre. Különösen a kumulatív hatások és kölcsönhatások feltárására alkalmas többtényezős tartamkísérletek adataira kell támaszkodni.

A N-ellátottság függvényében (PK-kezelések átlagaiban) az alábbi minimum-maximum értékekkel jellemezhető a két kaszálással 2006-ban felvett, azaz a talajból kivont elemek mennyisége kerek számokkal: N 17-163 kg/ha, K 36-122 kg/ha, Ca 9-48 kg/ha, P 6-17 kg/ha, S 4-15 kg/ha, Mg 3-14 kg/ha, Na 0,3-8,0 kg/ha, Fe 0,2-1,4 kg/ha, Al és Mn 0,2-0,9 kg/ha, Zn 33-194 g/ha, Sr 28-141 g/ha, Ba 5-46 g/ha, Cu 5-39 g/ha, B 5-26 g/h, Mo 3-6 g/ha. A 2. kaszálással felvett Cr 0,2-0,6 g/ha, Co 0,1-0,2 g/ha, Cd 0,02-0,06 g/ha mennyiséget tehetett ki. A megkötött C mennyisége 7-37 t/ha közötti volt.

Megjegyezzük, hogy az első éves fiatal gyepterület jóval gazdagabb volt elemösszetételét tekintve. A hasonló terméstömegbe 300 kg/ha mennyiséget meghaladó N és K, 80 kg/ha Ca, 40-50 kg/ha S, 30-40 kg/ha P, illetve 24-28 kg/ha Mg épült be a maximális NPK szinteken, 2001-ben. A gyepterület elemfelvétele tehát óriási lehet és rövid idő alatt talajkimerüléshez vezethet elsősorban a N elemben N-pótlás nélkül. Látványosan csökkenhet a feltalaj oldható K-készlete főként K-mal gyengén vagy közepesen ellátott könnyű talajokon. Kísérleti körülményeink között az 1000-1500 kg/ha K-felvétel nyomán a szántott réteg AL-K₂O készlete mintegy 100 mg/kg értékkel süllyedt.

Most lássuk hogyan hat a trágyázás az egyes alkotó fűfajokra, mennyiben trágyaigényesek, hogyan alakul a fajok közötti versengés. Mivel a K-ellátás hatása elhanyagolható volt e tekintetben ezen a K-mal közepesen ellátott vályogtalajon, eredményeinket kétirányú táblázatokban az NxP szintek függvényében közöljük. Amint a 6. táblázatban látható, a kísérlet 6. évében május 24-én uralkodó faj a nádképi csenkesz. Az 1. évben vezérnövényül szolgáló réti csenkesz már csak nyomokban fordult elő. A nádképi csenkesz borítottsága 21-70% között változik. Maximális borítás a 100 kg/ha/év N-kezeléshez kötődik. Tehát mérsékelten N-igényes, a P-trágyázást nem igényelte. Az együttes és bőséges NP-trágyázással visszaszorult. Az 1. kísérleti évben és a kísérlet átlagában a becsült borítása 21% körüli volt, a kísérlet 6. évében 44%, tehát előretört.

6. táblázat NxP-ellátottság hatása a gyep botanikai összetételére 2006. május 24-én. Borítottsági % a K-kezelések átlagában. Dr. Vinczeffy Imre felvételezése

| Borítottsági % a K-kezelések átlagában: Dr. Vinczeffy Imre felvetése | | | | | | |
|--|-----------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Nádképű csenkesz, % (5) | | | | | | |
| 87 | 46 | 70 | 69 | 49 | | 58 |
| 214 | 44 | 59 | 33 | 27 | 9 | 41 |
| 444 | 48 | 58 | 29 | 17 | | 38 |
| 704 | 44 | 69 | 30 | 21 | | 41 |
| Átlag (4) | 45 | 64 | 40 | 28 | 5 | 44 |
| Csomós ebír, % (6) | | | | | | |
| 87 | 3 | 24 | 16 | 24 | | 16 |
| 214 | 5 | 24 | 29 | 22 | 8 | 20 |
| 444 | 4 | 26 | 20 | 24 | | 18 |
| 704 | 4 | 24 | 20 | 14 | | 16 |
| Átlag (4) | 4 | 24 | 21 | 21 | 4 | 18 |
| Magyar rozsnok, % (7) | | | | | | |
| 87 | <1 | <1 | <1 | 3 | | 1 |
| 214 | <1 | 5 | 18 | 18 | 7 | 10 |
| 444 | <1 | 4 | 23 | 23 | | 13 |
| 704 | <1 | 4 | 25 | 24 | | 13 |
| Átlag (4) | <1 | 3 | 16 | 17 | 3 | 9 |
| Taréjos búzafű, % (8) | | | | | | |
| 87 | <1 | <1 | 3 | 6 | | 2 |
| 214 | <1 | <1 | 16 | 18 | 5 | 8 |
| 444 | <1 | <1 | 23 | 24 | | 12 |
| 704 | <1 | <1 | 21 | 28 | | 12 |
| Átlag (4) | <1 | <1 | 16 | 19 | 3 | 9 |
| Összes borítottság, % (9) | | | | | | |
| 87 | 50 | 95 | 89 | 85 | | 80 |
| 214 | 50 | 90 | 99 | 94 | 6 | 83 |
| 444 | 52 | 89 | 97 | 96 | | 83 |
| 704 | 48 | 98 | 97 | 95 | | 84 |
| Átlag (4) | 50 | 93 | 96 | 92 | 3 | 83 |

Table 6. Effect of NxP supply levels on the botanical composition of grass on 24 May 2006. Coverage % as a mean of K-treatments. Survey made by Dr. Imre Vinczeffy. Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ mg/kg in the plow-layer (1), N fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Tall fescue, % (5), Cocksfoot, % (6), Smooth brome, % (7), Crested wheatgrass, % (8), Total coverage, % (grass + weeds) (9)

Szintén előretört a csomós ebír. A vetéskori 6% körüli borítása 18%-ra emelkedett a kísérlet átlagában. Maximális borítottsága a mérsékelt NP-trágyázott kezelésben található, tehát mértékeltlen trágyaigényes. Az extrém NP-túlsúly nyomán visszaszorul. A magyar rozsnok nem szerepelt a vetőmagkeverékben. Betelepült faj. Előretörése rendkívüli trágyaigényességének köszönhető. Míg az NP-kontroll talajon csak nyomokban fordul elő, az extrém NP-kínálattal 24% borítást ér el. A taréjos búzafű 9%-ban szerepelt a vetéskori magkeverékben, a

kísérlet átlagában nézve tartja pozícióját. Az NP-szegény talajon azonban gyakorlatilag kipusztult, míg az extrém NP-kínálattal 28%-ra növelte fedettségét (6. táblázat).

7.táblázat NxP-ellátottság hatása a gyepek botanikai összetételére 2006. szeptember 6-án. Borítottsági % a K-kezelések átlagában. Dr. Vinczeffy Imre felvételezése

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---|-----------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Nádképű csenkesz, % (5) | | | | | | |
| 87 | 51 | 67 | 69 | 56 | | 61 |
| 214 | 53 | 59 | 32 | 32 | 4 | 44 |
| 444 | 57 | 55 | 27 | 16 | | 39 |
| 704 | 50 | 64 | 29 | 19 | | 40 |
| Átlag (4) | 53 | 61 | 39 | 31 | 2 | 46 |
| Csomós ebír, % (6) | | | | | | |
| 87 | 4 | 14 | 16 | 20 | | 14 |
| 214 | 5 | 21 | 21 | 18 | 6 | 16 |
| 444 | 5 | 23 | 18 | 21 | | 17 |
| 704 | 5 | 20 | 18 | 11 | | 14 |
| Átlag (4) | 5 | 19 | 18 | 18 | 3 | 15 |
| Magyar rozsnok, % (7) | | | | | | |
| 87 | 1 | 1 | 2 | 4 | | 2 |
| 214 | <1 | 4 | 14 | 25 | 4 | 11 |
| 444 | <1 | 4 | 19 | 25 | | 12 |
| 704 | 1 | 4 | 22 | 24 | | 13 |
| Átlag (4) | 1 | 3 | 14 | 20 | 2 | 10 |
| Taréjos búzafű, % (8) | | | | | | |
| 87 | 0 | 0 | 3 | 6 | | 2 |
| 214 | 0 | 0 | 14 | 16 | 4 | 8 |
| 444 | 0 | 0 | 19 | 22 | | 10 |
| 704 | 0 | 0 | 20 | 23 | | 11 |
| Átlag (4) | 0 | 0 | 14 | 17 | 2 | 8 |
| Összes borítottság, % (9) | | | | | | |
| 87 | 60 | 87 | 93 | 91 | | 83 |
| 214 | 62 | 86 | 89 | 94 | 8 | 83 |
| 444 | 63 | 86 | 86 | 90 | | 81 |
| 704 | 59 | 88 | 90 | 87 | | 81 |
| Átlag (4) | 61 | 87 | 89 | 90 | 4 | 82 |

Megjegyzés: a gyomok átlagosan 1,8%-os, a réti csenkesz 1,6%-os borítást adtak. A gyomok az NP-hiányos és az NP-túltrágyázott talajon szaporodtak el, ahol a gyepek ritkultak.

Table 7. Effect of NxP supply levels on the botanical composition of grass on 06 September 2006. Coverage % as a mean of K-treatments. Survey made by Dr. Imre Vinczeffy. Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ mg/kg in the plow-layer (1), N-fertilization, N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Tall fescue, % (5), Cocksfoot, % (6), Smooth brome, % (7), Crested wheatgrass, % (8), Total coverage, % (grass + weeds) (9). Note: weed cover was 1.8% and meadow fescue cover was 1.6% as an average. Weeds thrived on NP-deficient or oversupplied areas, where the grass thinned away.

Az összes növényfedettség az NP-kontroll talajon mindössze 50% körülire tehető. A bőséges együttes NP-trágyázással ez a mutató 95-99%-ra emelkedik. Utalunk rá, hogy a gyomok és a zöld pántlikafű 1-2%-os borítást jeleztek. A réti csenkesz mellett a réti komócsin is csak nyomokban fordult elő. A réti komócsin az 1. évben 6%-ot képviselt, de az aszályos 2003. évben, a kísérlet 3. évében kipusztult. Az angol perje a kísérlet 5. évében tűnt el a gyeptől, mely 21%-kal részesedett a vetéskori komponensek között. A vörös csenkesz 6%-os részarányt képviselt eredetileg a keverékben és szintén 2005-ig maradt fenn.

Az őszi 2. kaszálású sarjűszéna botanikai összetételét szintén megbecsültük. A két felvételezés egyezést mutat, érdemi eltérést nem tapasztalunk a borítottsági trendek között. Mindkét felvételezést Dr. Vinczeffy Imre végezte, tehát az összevetés helyénvaló. A gyomok átlagosan 1,8%-os, a réti csenkesz 1,6%-os borítást adott. A gyomok az NP-hiányos igen szegény, valamint az NP-túlsúlyos igen gazdag parcellákon szaporodtak el, ahol a gyeptől kiritkult. A foltosan, zsombékosan ritkuló NP-túltrágyázott kezelésben pl. a trágyaigényes diszoparaj részaránya 6% fölé emelkedett. A fajok közötti versengést, a botanikai összetételt tehát drasztikusan módosíthatja a tápelemkínálat, a műtrágyázás (7. táblázat)

Az is megállapítható, hogy az eredeti 8 gyeptörzsfajból 3 szálfa maradt fenn a kísérlet 6. évére, melyhez egy betelepített szálfa a magyar rozsnok csatlakozott. Eltűnt 4 év után a rövid életű laza bokráj aljfa (angol perje), 5 év után a tarackos aljfa (vörös csenkesz). A rosszul társuló tarackos szálfa (zöld pántlikafű) viszont gyakorlatilag ki sem kelt. A gyeptől öregedésével az összes növényborítás is mérséklődik. Az első két évben talált 96-99%-os növényfedettség a kísérlet 6. évére 75%-ra esett vissza. A fedetlen területet részben olyan gyomfajok foglalhatják el, amelyek hasznosítani képesek az extrém tápelemhiányos, vagy extrém NP-túlsúlyos szituációt.

Összefoglalás

- Az 1. kaszálású anyaszéna adta a szénatermés $\frac{3}{4}$ -ét. Maximális hozamokat a 200 kg/ha/év N-trágyázás produkált a jó P-ellátottságú (Ammoniumlaktát-oldható P_2O_5 214 mg/kg) talajon. Az NP-kontroll termése 1,5 t/ha-ról 7,5 t/ha fölé emelkedett az NxP pozitív kölcsönhatások nyomán. Önmagában a javuló P-ellátás nem növelte a termést, míg a N-trágyázás a P-kontroll talajon is 3,5 t/ha szénatöbbletet adott. Az együttes NP-trágyázással 6,0-6,5 t/ha többlettermés képződött. A K-trágyázás hatása az NP-szinteken elérte az 1 t/ha körüli mennyiséget, ahol a talaj AL- K_2O tartalma 150 mg/kg alá esett.

- A 2. kaszálású sarjűszéna a 33 éve trágyázatlan NP-kontrollon 0,5 t/ha, a kielégítő 300 kg/ha/év N és a jó P-ellátottság esetén 2,5 t/ha szénát adott. A két kaszálás összegét tekintve 2-10 t/ha között ingadozott a szénahozam az NPK-ellátottság függvényében. Ebben a viszonylag kedvező csapadékellátottságú évben az 1 kg N-re jutó széna többlettermése 47-33-23 kg volt a 100-200-300 kg/ha adagok függvényében.

- A N-trágyázással látványosan szűkült (52-ről 24-re) az anyaszéna C/N aránya, nőtt a termés N és a legtöbb vizsgált kation koncentrációja. A 2. kaszálás kis termésében az elemek, fémek feldúsultak a töményedési effektus nyomán. Az

emelkedő P-kínálattal a P, S és Sr dúsult a szénákban, mely elemek forrása az alkalmazott szuperfoszfát. Egyéb elemek, fémek felvételében a P antagonistája hatása érvényesült (Na, Zn, Cu, Mo, Cr, Co). A K-trágyázással a széna K%-a emelkedett, míg az egyéb vizsgált elemek tartalma mérséklődött részben a hígulási effektusra (N, P, S), illetve döntően a kation-antagonizmusra visszavezethetően (Ca, Mg, Na, Sr). Érvényesült a K-B antagonizmus is.

- A példaképpen bemutatott NxK kölcsönhatások eredőjeként a Sr 2-szeres, a Na 18-22-szeres, míg az NxP együttes hatására a Mo 13-15-szörös különbségeket jelzett, főként a 2. kaszálás idején. A műtrágyázás drasztikus beavatkozást jelenthet a talajba és a rajta termő növénybe. Az indukált elemhiányok és az okozott túlsúlyok anyagszere betegségeket okozhatnak az állatban, ezért a talaj-és takarmányvizsgálatok elengedhetetlenek.

- Levéldiagnosztikai szempontból a kielégítő N-ellátottság a 200 kg/ha/év N-adagnál vagy felette, a kielégítő PK-ellátottság korábbi adatainkat is figyelembe véve 150 mg/kg AL-P₂O₅ és AL-K₂O vagy felette jelentkezhet. A S, Ca, Mg, Fe, Mn a kontroll talajon is kielégítő ellátottságról tanúskodott, míg a Zn, Cu, B hiányos termőhelyre utalt. A P/Zn, illetve K/B aránya kedvezőtlenül tágult a megfelelő kezeléseknél, illetve a Cu/Mo arány szűkülése Cu-hiányra és egyidejűleg Mo-túlsúlyra utalt.

A szénába épült elemek mennyisége a két kaszálás összegében és a tápláltság/termés függvényében az alábbi határok között volt kg/ha-ban: 17-163 N; 36-122 K; 9-48 Ca; 6-17 P; 4-15 S; 3-14 Mg; 0,3-8,0 Na; 0,2-1,4 Fe; 0,2-0,9 Al és Mn. A Zn 33-194, Sr 28-141, Ba 5-46, Cu 5-39, B 5-26, Mo 3-6 g/ha között változott.

- A botanikai összetétel drasztikusan módosult a gyepek előregedésével és a tápanyagkínálattal. A 8 vetett fűfajból 3 maradt és 1 faj betelepült. A nádképi cserkesz borítása az NxP ellátás függvényében 21-70% közötti, átlagosan 44%, a csomós ebri borítása 4-24% a trágyázástól függően, átlagosan 18%, a tarajos búzafű borítása 0-28% a kezeléseknél függvényében, átlagosan 9%, a betelepült magyar rozsnok borítása 0-24% a trágyázástól függően, átlagosan 9%, a gyomok borítása átlagosan 3-4% volt az 1. kaszálás idején. A gyomok főként ott szaporodtak el, ahol a gyepek kiritkultak (extrém NP-hiány, vagy túlsúly). A teljes növényi fedettség az NP-hiányos talajon 50%, az NP-vel jól ellátott kezeléseknél 95-97%-ot tett ki.

Kádár I., Vinczeff I., Ragályi P.(2011): Effect of fertilisation on established all-grass in 2006 (Summary)

- The 1st cut hay yield gave the 3/4 of the total yield. Highest yields were reached with the 200 kg/ha/year N-fertilization on soil well supplied with P (Ammonium-lactate soluble P₂O₅: 214 mg/kg). The yield of NP control plots increased from 1.5 t/ha to about 7.5 t/ha as a function of the NxP positive interaction. The rising P supply alone was not able to enhance the yield, however the N fertilization gave 3.5 t/ha hay surplus even in the P-control treatments. N and P fertilization together resulted in 6.0-6.5 t/ha yield surpluses. The effect of K fertilization also reached 1 t/ha on the NP levels where the ammonium-lactate soluble K₂O content fell below 150 mg/kg.

- The 2nd cut hay gave 0.5 t/ha on the NP-control plots unfertilized for 33 years, and 2.5 t/ha on the 300 kg/ha/year N treatment with well P-supply. The two cuts together resulted in yield levels between 2-10 t/ha according to the extreme NPK supply. In this year, with relatively good amount of precipitation, the hay yield surpluses for 1 kg N were 47-33-23 kg for the 100-200-300 kg/ha treatments.
- The C/N ratio of the 1st cut was narrowed (from 52 to 24) with N-supply and the concentration of N as well as most of the cations increased with the rising N fertilization. In the low yield of the 2nd cut the elements, metals were accumulated.
- The P, S and Sr were enriched in hay as a result of rising P supply, as superphosphate contains these elements. Antagonistic effect of P predominated in the uptake of other elements, metals (Na, Zn, Cu, Mo, Cr, Co). K content of the hay was lifting while other elements were dropping with the increasing K fertilization partly as a result of dilution effect (N, P, S) and mainly because of cation antagonism (Ca, Mg, Na, Sr). K-B antagonism also appeared.
- The NxK interactions resulted in 2-fold Sr and 18-22 fold Na content changes while NxP caused 18-22 fold changes in Mo contents, especially at the 2nd cut. As it can be seen, fertilization can have drastical effects on soil and crops. The induced element deficiencies or oversupplies can lead to diseases, disturbances in the metabolism of animals, so the soil and fodder analyses are necessary.
- Considering the leaf diagnostical data, the satisfactory level will be at 200 kg/ha/year N supply and 150 mg/kg ammonium-lactate soluble P₂O₅ and K₂O level or above. The S, Ca, Mg, Fe, Mn supply were satisfactory even at the control plots, while the Zn, Cu and B levels showed deficiency. The P/Zn and K/B ratios became adversely wider in some treatments, as well as the narrowing of the Cu/Mo ratio denotes Cu deficiency and Mo oversupply.
- The amount of elements uptaken by hay as a sum of the two cuts and as a function of the supply/yield varied between the following values in kg/ha: 17-163 N; 36-122 K; 9-48 Ca; 6-17 P; 4-15 S; 3-14 Mg; 0,3-8,0 Na; 0,2-1,4 Fe; 0,2-0,9 Al and Mn. The other elements showed the following uptake: Zn 33-194, Sr 28-141, Ba 5-46, Cu 5-39, B 5-26, Mo 3-6 g/ha.
- The botanical composition was drastically modified by the aging of the grass and the nutrient supply. Only three species remained out of the eight sown species and one immigrated. Coverage of the tall fescue was between 21-70% according to the NxP supply and 44% as average; coverage of cocksfoot varied between 4-24% depending on the treatment and 18% as an average; coverage of crested wheatgrass was between 0-28% and 9% as an average; the immigrant smooth brome covered 0-24% and 9% as an average; Weed cover was 3-4% as an average at the 1st cut. Weeds thrived mainly on those areas where the grass thinned away (extreme NP-deficiency or oversupply). The total plant coverage on NP-deficient soil was about 50%, while on treatments well supplied with NP it amounted 95-97%.

7. Műtrágyahatások vizsgálata a 7. éves gyepen 2007-ben

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A gyp termőképességét döntően meghatározza a víz- és tápanyagellátás. Németországi tapasztalatok szerint, ha a talajvíz nem hozzáférhető, jó vízgazdálkodású termőhelyen mintegy 700 mm, homokon legalább 1000 mm csapadékot igényelhet a nagy termés. A sekélyen gyökerező gyp számára hozzáférhető a talajvíz kötöttebb talajon 60-90 cm, könnyű talajon 40 cm mélységben (Geisler 1988). Hazai viszonyok között 1 kg szárazanyag előállításához Gyarmathy (1980) szerint átlagosan 600 liter vizet párologtat el a gyp, de vízszükséglete extrém esetben 400-1200 l/kg szárazanyag között ingadozhat. Gruber (1960) vizsgálataiban azt találta, hogy 1 kg szárazanyaghoz a gyp 520-790 kg vizet használt fel. Szabó (1977) szerint a trágyázással, főként a N adagolásakor, nőhet a termés tömege és látványosan javulhat a vízhasznosulás.

Klímatényezők közül a fényt is teljes mértékben képes hasznosítani, hiszen egész évben szinte teljes borítottságot biztosít. A növekedés már kora tavasszal 5 °C felett megindulhat, maximumát 15-25 °C-on áprilisban, májusban éri el. Ezt követően a nyári hónapokban a gyp „pihen”, őszi időszakban is csak mérsékelt fejlődést mutat. A kaszálások gyengítik az állományt, gyengül a gyökernövekedés, a tápanyagok felhalmozása a gyökérben, illetve a regenerációs képesség. A gyakori vágásnál kiszorulnak, gyérülhetnek a nagytestű szálfüvek (Bíró 1928, Klapp 1951, Gruber 1960, Baskay 1962, Szabó 1977, Vinczeff 1998).

A N főként a szálfüveket növeli, illetve a pillangósokat leárnyékolja és elnyomja. Ezzel részben csökkenti a gyp Ca és Mg készletét. Más oldalról viszont a N, alapvetően a NO₃-forma növelheti a kationok beépülését a növénybe, amennyiben a talaj kellően ellátott ezen elemekkel. Ellenkező esetben hígulási effektus érvényesülhet: termés nő, az egyéb kationok, elemek koncentrációja csökken (Raymond és Spedding 1965). A N-hatás természetesen a here nélküli gyepen kiemelkedő. Általában késlelteti az érést, öregedés ellen hat, növeli a víztartalmat, nyersfehérje és az emészthetőség %-át, ezzel arányosan csökkenti a nyersrost tartalmát (Klapp 1971, Szabó 1977, Barcsák 1999). McLean et al. (1956) rámutatott arra is, hogy a gyökerek kationcserélő kapacitása, felvevőképessége nő a N-tartalmukkal.

Esetenként a P minimumtényező, főként a pillangósok számára. Gericke (1957, 1965) 1270 mintát elemezve arra a következtetésre jutott, hogy a széna 0,65% P₂O₅ (0,28 P%) készlete kielégítő P-ellátottságot tükrözhet. Mivel a P nemkívánatos luxusfelvételt gyakorlatilag nem mutat, célszerű Wagner (1909, 1921) klasszikus tanácsát követni. A talajokat P-ral fel kell tölteni, majd ezt követően vágásonként a terméssel felvett P-t pótolni, a talaj termékenységét fenntartva. Így kedvezően érvényesülhet a N-műtrágya és elkerülhető a növényben a káros NO₃-N akkumulációja. Itthon Harmati (1981, 1997) kapott kiugrónak minősülő P és NP hatásokat szikes réti talajon, illetve legutóbb Bánszky (1988, 1997) hívta fel a figyelmet tápelemarányok kérdésére.

A talaj K kínálata összefügg kötöttségével, kolloidkészletével. Kötött termőhelyen hosszú évekig nagy terméseket kaphatunk K-trágyázás nélkül.

Hiánya esetén a P-hoz hasonlóan célszerű talajgazdagító/feltöltő K-trágyázást folytatni, majd vágásonként pótlással a talaj K-készletét fenntartani. *Wagner (1921)* szerint K-mal a gyepek „jóllakott”, ha a fűvek legalább 2% K_2O tartalommal rendelkeznek. *Romasev (1960)* is utal arra a körülményre, hogy a telepítés évében a gyökerek fejlődése meghatározó lehet. A tartalék tápanyagok itt halmozódnak fel, így pl. esetenként a N 60-80%-át a gyökerekben találjuk és csak 20-40%-át a hajtásban. Döntő ezért az alapozó trágyázás a gyepek további termelékenységére szempontjából.

Különös figyelmet fordítunk a tápelemarányok változására. Így pl. a P/Zn arány optimuma 50-150 közötti. Irodalmi utalások és saját vizsgálataink szerint is a 250-300 feletti P/Zna arány esetén a Zn-trágyázás hatékony lehet (*Bergmann 1992, Kádár 1992, Csathó 1992, 2004*).

Rámutattunk arra, hogy a tartós műtrágyázás milyen drasztikus beavatkozást jelenthet a talajba és a rajta termő növénybe az antagonizmusok és szinergizmusok nyomán. Egy elem túlsúlya egyidejűleg hiányt jelent más elem tekintetében. Az optimális összetétel biztosíthatja a megfelelő minőséget, mely fenntartja a normális anyagcserét növényben, állatban, emberben. Az ellenőrizhetetlen, szakszerűtlen műtrágyahasználat súlyos következményekkel járhat, melyre francia honi példákon korábban már *Voisin (1961, 1964, 1965)* rámutatott.

Itthon legutóbb *Mucsi (1996)* hívta fel a figyelmet arra, hogy a legelő állatok „veleszületett” anyagcsere betegségei gyakran talajeredetűek. A szerző szerint Európában napjainkra megsokszorozódtak az ilyen jellegű problémák. *Nagy (2008)* a környezeti tényezők szerepét hangsúlyozta a gyepek fejlődésében, különös tekintettel a csapadéokra. A tartós N-műtrágyázás pl. Cu-hiányt indukálhat rézzel gyengén ellátott termőhelyen, melynek következménye lehet az anémia, hasmenés, meddőség, stb. A fűben kívánatos közismerten a 8-12 mg/kg sz.a. Cu-tartalom. Ezen túlmenően kulcsfontosságú a Cu/Mo optimális 5-10 feletti aránya. A Mo túlsúlya Cu-hiányt okozhat, ekkor pl. az E-vitamin szintézise is gátolt. Tehát: „Az állat (ember) biológiai fényképe annak a környezetnek ahol él. Különösen annak a talajnak, amely megtermi a takarmányt (táplálékot) az organizmus számára.”

Eredmények

Csapadékelátottság. A vizsgált 2007. évben januárban 18, február 38, márciusban 36, áprilisban 0, májusban a kaszálásig még 85 mm eső hullott a telepen. A közel 5 hónap alatt mindössze 177 mm. Ezt követően a június 45 mm, július 22 mm csapadékot hozott. A gyepek elszáradt, 2. kaszálásra már nem került sor. Augusztus ugyan esős volt 97 mm hozammal, de a gyepek már nem indultak fejlődésnek. A talaj vízkészlete sem töltődött fel az előző évi nyugalmi időszak alatt. 2006-ban a 2. kaszálás szeptemberben történt, utána októberben 21 mm, novemberben 14 mm, decemberben 5 mm eső hullott.

Bonitálásaink szerint a N-nélküli parcellákon a gyepek igen gyengén fejlettek, ritka, alacsony és sárga színű, míg a N-nel és P-ral egyaránt jól ellátott talajon jól fejlettek, magas, sűrű és sötétzöld színűek voltak. A 34 éves trágyázásban nem részesített NP-kontroll kezelésben 0,5 t/ha, a maximális NP-ellátottságon 4,0 t/ha szénatermék képződött. Önmagában a P-trágyázás nem növelte a termést a N-hiányos talajon. A N-trágyázás viszont P-hiányos talajon csak a 100 kg/ha/év adagig volt hatékony,

a kontroll parcella hozamát közel megnégyszerezve. A bőséges nitrogén és foszfor együttes trágyázással viszont a kontroll termése 8-szorosára nőtt. Az emelkedő K-szintek érdemi terméstöbbleteket nem okoztak ezen a K-mal közepesen ellátott termőhelyen.

1. táblázat N és P ellátottsági szintek hatása a légszáraz gyepszéna fejlődésére, termésére és a N-adagok fajlagos hatékonyságára 2007. 05.22-én

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|--|-------------------------|-----|-----|-----|-------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Bonitálás (1= igen gyengén, 5= jól fejlett állomány) | | | | | | |
| 87 | 1,0 | 3,6 | 3,6 | 3,8 | | 3,0 |
| 214 | 1,0 | 3,4 | 4,2 | 4,5 | 0,5 | 3,3 |
| 444 | 1,0 | 3,5 | 4,3 | 4,5 | | 3,3 |
| 704 | 1,0 | 3,8 | 4,6 | 4,9 | | 3,6 |
| Átlag | 1,0 | 3,6 | 4,2 | 4,4 | 0,3 | 3,3 |
| Légszáraz széna, t/ha | | | | | | |
| 87 | 0,5 | 1,9 | 2,1 | 2,1 | | 1,7 |
| 214 | 0,5 | 2,4 | 3,1 | 3,5 | 0,4 | 2,4 |
| 444 | 0,6 | 2,8 | 3,5 | 3,9 | | 2,7 |
| 704 | 0,5 | 2,6 | 3,8 | 4,0 | | 2,7 |
| Átlag | 0,5 | 2,4 | 3,1 | 3,4 | 0,2 | 2,4 |
| Többlet széna kg/1 kg N-re | | | | | | |
| 87 | - | 14 | 8 | 5 | | 9 |
| 214 | - | 19 | 13 | 10 | 4 | 14 |
| 444 | - | 22 | 14 | 11 | | 16 |
| 704 | - | 21 | 16 | 12 | | 16 |
| Átlag | - | 19 | 13 | 10 | 2 | 14 |

Megjegyzés: az igen gyengén fejlett állomány ritka, alacsony és sárga színű, míg a jól fejlett állomány magas, sűrű és haragos zöld színű volt. A légszáraz anyag 34%-ot tett ki átlagosan.

Table 4. The effect of N and P levels of supply on the development and yield of air-dry grass hay, as well as the specific effectivity of N dosages on 22/05/2007. (1) N-fertilisation N kg ha-1 year-1, (2) LSD5%, (3) Mean, (4) Classification (1=weakly developed population, 5=well developed population), (5) Air-dry hay, t ha-1, (6) Extra hay kg per kg N. Note: the weakly developed population is sparse, low and yellow, while the well developed population is dense, high and fierce green. The average ratio of air-dry material was 34%.

A fű légszárazanyaga 30% körüli volt átlagosan, melyet a P-trágyázás 1,8%-kal igazolhatóan növelt, serkentve a gyep előregedését. Az 1 kg felhasznált N-re jutó szénatöbblet 5-22 kg között változott az N és P ellátottság függvényében. A növekvő N-adaggal természszerűen a hatékonyság csökkent, hiszen a N-hatás nem lineáris, míg a javuló P-kínálat megkétszerezte a nagyobb N-adagok által okozott terméstöbbleteket. Kedvezőnek tekintjük a N-hatékonyságot, ha 20-25 kg szénatöbblettel jár minden kg N felhasználása. Megállapíthatjuk, hogy ebben a száraz évben, mely egy kaszálást adott, csak a 100 kg/ha/év N-adag bizonyult hatékonynak a P-ral is kielégítően ellátott talajon (1. táblázat).

2. táblázat Műtrágyázás hatása a gypszena összetételére 2007. 05.22-én

| Elem jele | Mértékegység | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SZD _{5%} | Átlag |
|--------------------|--------------|--|------|------|------|-------------------|-------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| N | % | 0,95 | 1,45 | 2,05 | 2,30 | 0,11 | 1,68 |
| K | % | 1,73 | 1,66 | 1,43 | 1,51 | 0,19 | 1,58 |
| Ca | % | 0,43 | 0,55 | 0,61 | 0,63 | 0,06 | 0,55 |
| P | % | 0,35 | 0,24 | 0,22 | 0,22 | 0,03 | 0,26 |
| Mg | % | 0,17 | 0,20 | 0,20 | 0,19 | 0,02 | 0,19 |
| S | % | 0,22 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,02 | 0,17 |
| NO ₃ -N | g/kg | 0,18 | 0,38 | 1,66 | 2,00 | 0,22 | 1,05 |
| Na | g/kg | 0,15 | 0,74 | 1,02 | 0,57 | 0,22 | 0,62 |
| Fe | mg/kg | 61 | 72 | 86 | 91 | 10 | 78 |
| Mn | mg/kg | 49 | 69 | 76 | 85 | 8 | 70 |
| Al | mg/kg | 33 | 36 | 44 | 45 | 9 | 40 |
| Zn | mg/kg | 12 | 16 | 20 | 21 | 2 | 17 |
| Sr | mg/kg | 13 | 16 | 17 | 19 | 2 | 16 |
| B | mg/kg | 4,2 | 5,2 | 5,3 | 5,2 | 0,5 | 5,0 |
| Cu | mg/kg | 2,3 | 3,4 | 4,2 | 4,6 | 0,3 | 3,6 |
| Ba | mg/kg | 2,3 | 2,4 | 3,2 | 4,1 | 0,6 | 3,0 |
| Mo | mg/kg | 1,2 | 1,5 | 0,8 | 0,7 | 0,2 | 1,0 |
| Elem jele | Mértékegység | AL-P ₂ O ₅ , mg/kg a szántott rétegben | | | | SZD _{5%} | Átlag |
| | | 87 | 214 | 444 | 704 | | |
| P | % | 0,17 | 0,26 | 0,28 | 0,31 | 0,03 | 0,26 |
| S | % | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,19 | 0,02 | 0,17 |
| Zn | mg/kg | 19 | 17 | 17 | 16 | 2 | 17 |
| Sr | mg/kg | 11 | 16 | 18 | 21 | 2 | 16 |
| Mo | mg/kg | 1,4 | 1,1 | 0,8 | 0,9 | 0,2 | 1,0 |
| Elem jele | Mértékegység | AL-K ₂ O, mg/kg a szántott rétegben | | | | SZD _{5%} | Átlag |
| | | 158 | 201 | 279 | 363 | | |
| K | % | 1,18 | 1,40 | 1,73 | 2,02 | 0,19 | 1,58 |
| Ca | % | 0,66 | 0,59 | 0,48 | 0,49 | 0,06 | 0,55 |
| Mg | % | 0,22 | 0,20 | 0,17 | 0,17 | 0,02 | 0,19 |
| Na | g/kg | 0,88 | 0,86 | 0,43 | 0,30 | 0,22 | 0,62 |
| Sr | mg/kg | 19 | 17 | 15 | 15 | 2 | 16 |
| B | mg/kg | 5,6 | 4,8 | 4,7 | 4,7 | 0,5 | 5,0 |
| Cu | mg/kg | 3,9 | 3,7 | 3,4 | 3,4 | 0,3 | 3,6 |

Megjegyzés: Se 0,6; Cr és Hg 0,1; Co 0,04 mg/kg kimutatási határ alatt

Table 5. The effect of fertilisation on the composition of grass hay on 22/05/2007. (1) Element, (2) Measurement unit, (3) N fertilisation, kg ha-1 year-1, (4) LSD_{5%}, (5) Mean, (6) AL-P₂O₅, mg kg-1 in the ploughed layer, (7) ALK₂O, mg kg-1 in the ploughed layer. Note: Se 0.6; Cr and Hg 0.1; Co 0.04 mg kg-1 were under the detection level.

Műtrágyázás hatását a légszáraz gypszena elemösszetételére a 2. táblázatban tanulmányozhatjuk. Döntően itt is a N-hatások kifejezettebbek. A nagyobb termésmennyiséggel fellépő hígulás nyomán mérséklődött a K, P és a S a szénában. A Mo-tartalom erőteljesebb csökkenéséhez a nitrát és molibdenát közötti

anionantagonizmus is hozzájárulhatott. Az egyéb vizsgált elemek koncentrációi emelkedtek. Érvényesült a N általános „hajtó” hatása.

Kérdés, hogy ezek a változások mennyiben minősíthetők kedvezőnek, vagy nemkívánatosnak takarmányozási szempontból. Irodalmi adatok szerint a tejelő tehenek számára megfelelő, szárazanyagra számítva a 2-3% N; 1-2% K; 0,5-0,7% Ca; 0,2-0,4% P; 0,1-0,2% Mg Na, illetve 50-160 mg/kg Fe és Mn; 30-50 mg/kg Zn; 8-10 mg/kg Cu; 5-8 mg/kg B; 0,1-0,5 mg/kg Mo, Se és Co összetételű takarmány (Horváth és Prohászka 1976, Finck 1982, Whitehead 1970). Az állatok sóigényét közismerten csak a szikes gyepek emelkedett NaCl tartalma képes kielégíteni.

A növekvő P-kínálattal megemelkedik a P és a S %-a, a Sr mennyisége, valamint csökken a Zn és a Mo koncentrációja. A szuperfoszfát P-és S-forrásul is szolgál, emellett 1-2% Sr-ot is tartalmaz szennyezésként korábbi elemzéseink szerint (Kádár 1992). Ismert ugyanakkor a P-Zn, illetve a foszfát-molibdenát antagonizmus a növényi felvételben. Az említett elemek tartalmában mért változások tehát magyarázhatók. A K-kínálattal csak a széna K-tartalma nőtt. Az egyéb elemek mennyisége visszaesett a kationantagonizmus, illetve a K-B antagonizmus eredményeképpen. Legkifejezettebben a Na elemé. Annak ellenére, hogy a kálisó 5-10% Na-ot is tartalmazhat (2. táblázat).

Lássuk milyen mérvű módosulásokat okozhat az együttes nitrogén és foszfor bősége a légszáraz gypszéna elemtartalmában. A 3. táblázat adatai szerint a P 0,14-0,40%; S 0,13-0,23%; Zn 12-23 mg/kg, Sr 10-24 mg/kg, Mo 0,5-2,3 mg/kg szélső értékek szerint változott. A NO₃-N tartaléktápanyagnak minősül. A N-kontroll talajon kereken 0,2 g/kg vagy ezrelék, míg a N-túlsúlyos, de P-hiányos kezelésben 3,2 g/kg koncentrációt mértünk. A zöld növények általában 8-10 körüli N/P arányt igényelnek fejlődésükhöz. Amennyiben az egyik elem hiányzik, a másik elem beépülése is gátolt. Az össz-N 15%-át találjuk NO₃ formában pl. az N₃P₀, 12%-át az N₃P₁, 5%-át az N₃P₂ és mindössze 2%-át az N₃P₃ kezelésben. Az utóbbi kezelésben mindkét fő tápelem egyaránt és bőségben áll rendelkezésre, az N/P aránya 8,6 volt.

Az N és K elemek közötti kölcsönhatások nem kevésbé fontosak. A 4. táblázatban közölt eredmények szerint a K kereken 1,1-2,2%, Ca 0,4-0,8%, Na 0,1-1,5 g/kg, Sr 12-22 mg/kg, B 4-6 mg/kg körüli tartományban változik extrém értékeket tekintve. Különös figyelmet érdemel a talaj-növény rendszerben rendkívüli mobilis Na viselkedése. A N-trágyázással a széna Na-készlete nagyságrenddel megnőhet. A N műtrágya gyakorlatilag nem tartalmaz Na elemet. A kálisó igen. Mégis, az emelkedő K-kínálattal a széna K-tartalma átlagosan 1/3-ára süllyed. A jelenségre nem tudunk logikus magyarázattal szolgálni.

3. táblázat N és P ellátottsági szintek hatása a légszáraz gyepszéna elemtartalmára
2007.május 22-én a K-kezelések átlagában

| 2007. május 22-án a K-kezelések átlagában | | | | | | |
|---|-------------------------|------|------|------|-------------------|-------|
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| P % | | | | | | |
| 87 | 0,29 | 0,11 | 0,14 | 0,14 | 0,04 | 0,17 |
| 214 | 0,36 | 0,25 | 0,23 | 0,21 | | 0,26 |
| 444 | 0,33 | 0,28 | 0,26 | 0,26 | | 0,28 |
| 704 | 0,40 | 0,31 | 0,25 | 0,28 | | 0,31 |
| Átlag | 0,35 | 0,24 | 0,22 | 0,22 | 0,02 | 0,26 |
| S % | | | | | | |
| 87 | 0,22 | 0,12 | 0,13 | 0,13 | 0,04 | 0,15 |
| 214 | 0,21 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | | 0,16 |
| 444 | 0,20 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | | 0,18 |
| 704 | 0,23 | 0,16 | 0,17 | 0,21 | | 0,19 |
| Átlag | 0,22 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,02 | 0,17 |
| Zn % | | | | | | |
| 87 | 13 | 19 | 22 | 23 | 4 | 19 |
| 214 | 12 | 16 | 20 | 18 | | 17 |
| 444 | 10 | 14 | 21 | 23 | | 17 |
| 704 | 12 | 15 | 16 | 20 | | 16 |
| Átlag | 12 | 16 | 20 | 21 | 2 | 17 |
| Sr mg/kg | | | | | | |
| 87 | 10 | 10 | 12 | 12 | 4 | 11 |
| 214 | 12 | 16 | 16 | 18 | | 16 |
| 444 | 13 | 18 | 20 | 21 | | 18 |
| 704 | 18 | 21 | 21 | 24 | | 21 |
| Átlag | 13 | 16 | 17 | 19 | 2 | 16 |
| Mo mg/kg | | | | | | |
| 87 | 1,2 | 2,3 | 1,3 | 1,0 | 0,4 | 1,4 |
| 214 | 1,2 | 1,5 | 0,9 | 0,7 | | 1,1 |
| 444 | 1,0 | 1,1 | 0,7 | 0,5 | | 0,8 |
| 704 | 1,3 | 1,2 | 0,5 | 0,5 | | 0,9 |
| Átlag | 1,2 | 1,5 | 0,8 | 0,7 | 0,2 | 1,0 |
| NO ₃ -N g/kg | | | | | | |
| 87 | 0,18 | 0,75 | 2,34 | 3,15 | 0,44 | 1,61 |
| 214 | 0,18 | 0,37 | 1,74 | 2,24 | | 1,13 |
| 444 | 0,18 | 0,28 | 1,47 | 1,21 | | 0,78 |
| 704 | 0,17 | 0,12 | 1,08 | 1,40 | | 0,69 |
| Átlag | 0,18 | 0,38 | 1,66 | 2,00 | 0,22 | 1,05 |

Table 6. The effect of N and P supply levels on the element content of air-dry grass hay on 22/05/2007 in the average of K treatments. (1) N fertilisation, kg ha⁻¹ year⁻¹, (2) LSD_{5%}, (3) Mean.

4. táblázat N és K tápláltsági szintek hatása a légszáraz gyeper elemtartalmára 2007. május 22-én a kezelések átlagában

| Május 22-én a kezelesek átlagában | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|------|------|------|-------------------|-------|
| AL-K ₂ O mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K % | | | | | | |
| 158 | 1,64 | 1,15 | 0,87 | 1,07 | 0,38 | 1,18 |
| 201 | 1,70 | 1,50 | 1,24 | 1,17 | | 1,40 |
| 279 | 1,77 | 1,94 | 1,67 | 1,55 | | 1,73 |
| 363 | 1,80 | 2,08 | 1,96 | 2,24 | | 2,02 |
| Átlag | 1,73 | 1,66 | 1,43 | 1,51 | 0,19 | 1,58 |
| Ca % | | | | | | |
| 158 | 0,47 | 0,64 | 0,80 | 0,76 | 0,12 | 0,66 |
| 201 | 0,39 | 0,66 | 0,65 | 0,65 | | 0,59 |
| 279 | 0,41 | 0,47 | 0,48 | 0,55 | | 0,48 |
| 363 | 0,44 | 0,44 | 0,51 | 0,56 | | 0,49 |
| Átlag | 0,43 | 0,55 | 0,61 | 0,63 | 0,06 | 0,55 |
| Na g/kg | | | | | | |
| 158 | 0,23 | 1,28 | 1,22 | 0,80 | 0,44 | 0,88 |
| 201 | 0,11 | 1,09 | 1,49 | 0,77 | | 0,86 |
| 279 | 0,14 | 0,41 | 0,84 | 0,32 | | 0,43 |
| 363 | 0,11 | 0,17 | 0,54 | 0,38 | | 0,30 |
| Átlag | 0,15 | 0,74 | 1,02 | 0,57 | 0,22 | 0,62 |
| Sr mg/kg | | | | | | |
| 158 | 14 | 18 | 21 | 22 | 4 | 19 |
| 201 | 12 | 19 | 18 | 20 | | 17 |
| 279 | 13 | 14 | 15 | 16 | | 15 |
| 363 | 14 | 13 | 16 | 17 | | 15 |
| Átlag | 13 | 16 | 17 | 19 | 2 | 16 |
| B mg/kg | | | | | | |
| 158 | 4,4 | 6,1 | 6,7 | 5,4 | 1,0 | 5,6 |
| 201 | 3,7 | 5,4 | 5,1 | 4,8 | | 4,8 |
| 279 | 4,3 | 4,8 | 4,6 | 5,0 | | 4,7 |
| 363 | 4,4 | 4,3 | 5,0 | 5,3 | | 4,7 |
| Átlag | 4,2 | 5,2 | 5,3 | 5,2 | 0,5 | 5,0 |

Table 7. The effect of N and K supply levels on the element content of air-dry grass hay on 22/05/2007 in the average of K treatments. (1) N fertilisation, kg ha⁻¹ year⁻¹, (2) LSD_{5%}, (3) Mean.

A 5. táblázat eredményei érzékeltetik néhány tápelemarány változásának irányát és mértékét az N és P ellátottság függvényében. Amint látható, az N/P aránya kereken 2-15, a Cu/Mo aránya 2-10, a P/NO₃-N aránya 20-200, a P/Zn aránya 60-330 közötti értékeket mutatva. Amint korábban említettük, az optimális N/P aránya a fiatal zöld növényi szövetekben általában 8-12 közötti.

5. táblázat N és P ellátottsági szintek hatása a légszáraz gypszéna néhány elemarányára 2007. május 22-én a K-kezelések átlagában

| Csemetanyira 2007. május 22-én a K-kezelések átlagában | | | | | | |
|--|-------------------------|------|------|------|-------------------|-------|
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| N/P | | | | | | |
| 87 | 3,2 | 14,6 | 14,3 | 14,9 | 4,4 | 11,8 |
| 214 | 2,6 | 5,8 | 9,0 | 10,6 | | 7,0 |
| 444 | 2,8 | 5,0 | 8,1 | 9,4 | | 6,3 |
| 704 | 2,4 | 4,3 | 8,1 | 8,6 | | 5,8 |
| Átlag | 2,8 | 7,4 | 9,9 | 10,9 | 2,2 | 7,7 |
| P/Zn | | | | | | |
| 87 | 223 | 58 | 64 | 61 | 64 | 102 |
| 214 | 300 | 156 | 115 | 117 | | 172 |
| 444 | 330 | 200 | 124 | 113 | | 192 |
| 704 | 333 | 207 | 156 | 140 | | 209 |
| Átlag | 296 | 155 | 115 | 108 | 32 | 168 |
| P/NO ₃ -N | | | | | | |
| 87 | 16 | 15 | 60 | 44 | 50 | 34 |
| 214 | 20 | 17 | 132 | 94 | | 66 |
| 444 | 18 | 20 | 170 | 215 | | 106 |
| 704 | 22 | 26 | 231 | 200 | | 120 |
| Átlag | 19 | 20 | 148 | 138 | 25 | 82 |
| Cu/Mo | | | | | | |
| 87 | 1,9 | 1,5 | 3,1 | 3,8 | 0,8 | 2,6 |
| 214 | 2,0 | 2,3 | 4,8 | 6,6 | | 3,9 |
| 444 | 2,1 | 2,9 | 6,8 | 10,8 | | 5,6 |
| 704 | 1,9 | 2,9 | 7,8 | 9,5 | | 5,5 |
| Átlag | 2,0 | 2,4 | 5,6 | 7,7 | 0,4 | 4,4 |

Table 8. The effect of N and P supply levels on certain element proportions of air-dry grass hay on 22/05/2007 in the average of K treatments. (1) N fertilisation, kg ha⁻¹ year⁻¹, (2) LSD_{5%}, (3) Mean.

A terméssel felvett elemek mennyiségeit tájékoztató jelleggel a 6. táblázat foglalja össze az N és P tápláltság függvényében. A trágyázatlan kontroll és a bőséges NP-kínálat között általában nagyságrendi különbségek adódnak. A kivont N 5-96 kg, Ca 2-26 kg, P 2-11 kg (P₂O₅ 4-25 kg), Mg 1-7 kg, S 1-8 kg, NO₃-N 0,1-8,0 kg között változott. A vizsgált mikroelemek tekintetében hasonló mérvű eltéréseket tapasztaltunk. Így pl. a Fe 34-405, Mn 25-354, Al 18-210, Sr 5-95, Zn 7-89, B 2-20, Ba és Cu 1-15, a Mo 0,7-4,0, a Ni 0,1-1,4, a Cd 0,01-0,11 g/ha felvételt jelzett az N és P ellátottság függvényében. Az As, Hg, Cr, Se, Co felvétele g/ha kimutatási határ alatt maradt.

6. táblázat N és P ellátottsági szintek hatása az elemfelvételre 2007. 05.22-én

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|---|-------------------------|-----|-----|------|-------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| N kg/ha | | | | | | |
| 87 | 5 | 31 | 42 | 45 | 8 | 31 |
| 214 | 5 | 35 | 65 | 79 | | 46 |
| 444 | 5 | 38 | 74 | 96 | | 53 |
| 704 | 5 | 34 | 77 | 96 | | 53 |
| Átlag | 5 | 35 | 64 | 79 | 4 | 46 |
| Ca kg/ha | | | | | | |
| 87 | 2 | 9 | 12 | 12 | 4 | 9 |
| 214 | 2 | 15 | 19 | 24 | | 15 |
| 444 | 2 | 15 | 24 | 25 | | 16 |
| 704 | 2 | 13 | 21 | 26 | | 16 |
| Átlag | 2 | 13 | 19 | 21 | 2 | 14 |
| P kg/ha | | | | | | |
| 87 | 1,5 | 2,2 | 2,9 | 3,1 | 0,8 | 2,4 |
| 214 | 1,9 | 6,1 | 7,2 | 7,4 | | 5,6 |
| 444 | 1,9 | 7,6 | 8,9 | 10,1 | | 7,1 |
| 704 | 2,2 | 8,0 | 9,4 | 11,1 | | 7,7 |
| Átlag | 1,9 | 5,9 | 7,1 | 7,7 | 0,4 | 5,7 |
| Mg kg/ha | | | | | | |
| 87 | 0,9 | 3,7 | 4,8 | 4,7 | 0,8 | 3,5 |
| 214 | 0,9 | 5,1 | 6,3 | 7,8 | | 5,0 |
| 444 | 0,9 | 5,5 | 6,7 | 5,7 | | 4,7 |
| 704 | 1,0 | 4,9 | 6,4 | 7,2 | | 4,9 |
| Átlag | 0,9 | 4,8 | 6,0 | 6,4 | 0,4 | 4,5 |
| S kg/ha | | | | | | |
| 87 | 1,1 | 2,4 | 2,8 | 2,7 | 0,6 | 2,2 |
| 214 | 1,1 | 3,2 | 4,3 | 5,4 | | 3,5 |
| 444 | 1,1 | 4,3 | 5,9 | 7,5 | | 4,7 |
| 704 | 1,3 | 4,1 | 6,5 | 8,2 | | 5,0 |
| Átlag | 1,2 | 3,5 | 4,9 | 6,0 | 0,3 | 3,8 |
| NO ₃ -N kg/ha | | | | | | |
| 87 | 0,1 | 1,5 | 4,9 | 6,7 | 0,6 | 3,3 |
| 214 | 0,1 | 0,9 | 5,4 | 8,0 | | 3,6 |
| 444 | 0,1 | 0,8 | 5,1 | 4,7 | | 2,7 |
| 704 | 0,1 | 0,3 | 4,1 | 5,5 | | 2,5 |
| Átlag | 0,1 | 0,8 | 4,9 | 6,2 | 0,3 | 3,9 |
| Sr g/ha | | | | | | |
| 87 | 5 | 20 | 25 | 25 | 6 | 19 |
| 214 | 7 | 38 | 50 | 64 | | 40 |
| 444 | 8 | 48 | 71 | 80 | | 52 |
| 704 | 9 | 53 | 78 | 95 | | 59 |
| Átlag | 7 | 40 | 56 | 66 | 3 | 42 |

Megjegyzés: Fe 34-405, Mn 25-354, Al 18-210, Sr 5-95, Zb 7-89, B 2-20, Ba és Cu 1-15, Mo 0,7-4,0, Ni 0,1-1,4, Cd 0,01-0,11 g/ha között ingadozott az N és P ellátottság függvényében. Az As, Hg, Cr, Se és Co g/ha kimutatási határ alatt.

Table 9. The effect of N and P supply levels on the element uptake on 22/05/2007. (1) N fertilisation, kg ha⁻¹ year⁻¹, (2) LSD_{5%}, (3) Mean. Note: The following ranges were observed depending on the N and P supply levels: Fe 34–405, Mn 25–354, Al 18–210, Sr 5–95, Zn 7–89, B 2–20, Ba and Cu 1–15, Mo 0.7–4.0, Ni 0.1–1.4, Cd 0.01–0.11 g ha⁻¹. The g ha⁻¹ levels of As, Hg, Cr, Se, Co were below the detection level.

A K, Na és Mo felvételének extrémebb változásait N és K hatására a 7. táblázat eredményei jellemzik. A K 8-84 kg (K₂O 10-100 kg), Na 0,1-4,9 kg/ha, Mo 0,7-3,7 g/ha szélső értékeket mutatta. A K-felvétel maximuma az N₃P₃-szinthez, a Na felvételi maximuma az N₂P₁-szinthez, a Mo felvételi maximuma pedig az N₁P₁-szinthez kötődik. A N-túlsúlyos kezelésben ugyanis a Na, illetve a Mo szénában való készlete drasztikusan visszaesik az 5. táblázatban a korábban bemutatottak szerint.

7. táblázat N és K ellátottsági szintek hatása az elemfelvételre 2007. 05. 22-én

| AL-K ₂ O mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|------------------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K kg/ha | | | | | | |
| 158 | 8 | 25 | 24 | 34 | 6 | 23 |
| 201 | 11 | 35 | 39 | 38 | | 31 |
| 279 | 8 | 52 | 53 | 50 | | 41 |
| 363 | 10 | 53 | 66 | 84 | 3 | 53 |
| Átlag | 9 | 41 | 45 | 52 | | 37 |
| Na kg/ha | | | | | | |
| 158 | 0,1 | 2,8 | 3,1 | 2,3 | 0,4 | 1,5 |
| 201 | 0,1 | 2,5 | 4,9 | 2,2 | | 2,0 |
| 279 | 0,1 | 1,1 | 2,7 | 1,3 | | 1,6 |
| 363 | 0,1 | 0,4 | 1,8 | 0,9 | 0,2 | 1,5 |
| Átlag | 0,1 | 1,7 | 3,1 | 1,7 | | 1,6 |
| Mo g/ha | | | | | | |
| 158 | 0,6 | 3,2 | 2,2 | 2,2 | 0,4 | 2,1 |
| 201 | 0,7 | 3,6 | 2,5 | 1,8 | | 2,1 |
| 279 | 0,6 | 3,6 | 2,3 | 1,9 | | 2,1 |
| 363 | 0,7 | 3,5 | 2,7 | 2,3 | 0,2 | 2,3 |
| Átlag | 0,6 | 3,5 | 2,4 | 2,1 | | 2,2 |

Megjegyzés: K 15-131 kg/ha, Na 0,1-4,9 kg/ha, Mo 0,6-3,6 g/ha között változott az N és K ellátottság függvényében

Ami a széna fajlagos elemtartalmát illeti elmondható, hogy 1 t széna előállításához kísérleti körülményeink között 10-23 kg N, 12-20 kg K (14-24 kg K₂O), 4-6 kg Ca (5-8 kg CaO), 2 kg körüli Mg (3-4 kg MgO), 2-3 kg P (4-7 kg P₂O₅) elemet igényelt a gyep átlagosan, eltekintve az extrém szélső értékektől. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a tervezett termés elemigényének számításakor a szaktanácsadásban.

Összefoglalás

- A száraz 2007. évben csak egy kaszálásra került sor. A 37 éve N-trágyázásban nem részesült talajon 0,5 t/ha, a 300 kg/ha/év N-adaggal trágyázott és P-ral is jól ellátott talajon 4,0 t/ha szénatermés képződött. Önmagában a P-trágyázás hatástalan maradt, de a N-trágyázás hatékonysága is mérsékelt maradt a P-hiányos parcellákon. A K-ellátás növelése érdemi terméstöbblettel nem járt ezen a K-mal közepesen ellátott termőhelyen.

- A N-kínálattal a legtöbb vizsgált elem (fémek, kationok) tartalma nőtt a szénában. A nagyobb terméssel előálló hígulás enyhén csökkentette a K, P és a S tartalmát. Érvényesült a nitrát-molibdenát antagonizmus, a N-bőség nyomán a Mo beépülése gátolt volt. A P-kínálat emelkedésével nőtt a P és S, illetve csökkent a Zn és Mo a szénában az ismert P-Zn, illetve foszfát-molibdenát antagonizmus miatt. A K-trágyázás a K-tartalmat emelte és igazolhatóan mérsékelte a Ca, Mg, Na, Sr, Cu kationok és a B beépülését.

- Az N és P elemek közötti kölcsönhatások eredményeképpen a P 0,14-0,40%, S 0,13-0,23%, a $\text{NO}_3\text{-N}$ 0,2-3,2 g/kg, Zn 12-23 mg/kg, Sr 10-24 mg/kg, Mo 0,5-2,3 mg/kg szélső értékek között változott. Az N és K ellátottsági szinteken/kombinációkban a K 1,1-2,2%, Ca 0,4-0,8%, Na 0,1-1,5 g/kg, B 4-6 mg/kg tartományban volt.

- A tápelemarányok is jól jellemezték a széna tápláltsági állapotát. A nagy termés a 2% feletti N és 0,2% feletti P, tehát a 8-10 körüli N/P arányhoz volt köthető. Itt az irodalmi utalásokkal összhangban termékeny talajon a P/Zn aránya 100-150, a $\text{P/NO}_3\text{-N}$ aránya 200 körüli volt, míg a Cu/Mo aránya elérte a 10 körüli értéket. Az extrém N-hiányt jelezte a 3 körüli N/P aránya, a kifejezett Zn-hiányt a 300 feletti P/Zn aránya, valamint az erősödő Cu-hiányt a 2 körüli szűkült Cu/Mo aránya. Növényelemzéssel az indukált elemaránytalanságok feltárhatók, a tápláltsági állapot diagnosztizálható.

- Az N és P ellátottság hatásaként a mért hektáronkénti elemfelvételek az alábbiak szerint alakultak: 5-96 kg N, 2-26 kg Ca, 2-11 kg P, 1-7 kg Mg, 0,1-8,0 kg $\text{NO}_3\text{-N}$. Ami a mikroelemeket illeti: 34-405 g Fe, 25-354 g Mn, 18-210 g Al, 5-95 g Sr, 7-89 g Zn, 2-20 g B, 1-15 g Ba és Cu, 0,7-4,0 g Mo, 0,1-1,4 g Ni, 0,01-0,11 g Cd hektáronként. Az As, Hg, Cr, Se, Co g/ha kimutatási határ alatt maradt. A K 8-84 kg/ha, a Na 0,1-4,9 kg/ha, Mo 0,6-3,6 g/ha szélső értékeket mutatta az N és K szintek függvényében.

- A vizsgált pillangós nélküli gyepszéna fajlagos elemigénye 1 t széna előállításához kísérleti körülményeink között, eltekintve a szélső értékektől az alábbiak adódott: 10-23 kg N, 12-20 kg K (14-24 K_2O), 4-6 kg Ca (5-8 kg CaO), 2-3 kg P (4-7 kg P_2O_5) és 2 kg körüli Mg (3-4 kg MgO). Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a tervezett termés elemigényének számításakor a szaktanácsadásban.

Kádár L., Ragályi P. (2011): Effect of fertilisation on a 7-year-old established grassland (Summary)

- There was only one reaping in the dry year of 2007. There was 0.5 t ha⁻¹ hay yield on the soil which has not been fertilised for 37 years, while 4.0 t ha⁻¹ was obtained on the field which was fertilised with 300 kg ha⁻¹ year⁻¹ N and a satisfactory amount of P. Phosphorus fertilisation was ineffective, but the efficacy of N fertilisation was also moderate on P deficient plots. The increase of K supply did not result in significant yield increase on this plot which was moderately supplied with K.
- The quantities of most examined elements (metals, cations) increased with K supply in hay. The dilution resulting from higher yield slightly decreased the K, P and S content. Nitrate-molybdenate antagonism was observed, while the incorporation of Mo was blocked as a result of N abundance. The quantity of P and S increased and the amount of Zn and Mo decreased in hay as the P supply increased due to the known P-Zn and phosphate – molybdenate antagonism. The K fertilisation increased the K content and significantly reduced the incorporation of Ca, Mg, Na, Sr, Cu cations and B.
- As a result of the interactions between N and P, the amounts of the examined elements ranged between the following extreme values: P 0.14–0.40%, S 0.13–0.23%, NO₃-N 0.2– 3.2 g kg⁻¹, Zn 12–23 mg kg⁻¹, Sr 10–24 mg kg⁻¹, Mo 0.5–2.3 mg kg⁻¹. On the supply levels/combinations of N and K, the following ranges were observed K 1.1–2.2%, Ca 0.4–0.8%, Na 0.1–1.5 g kg⁻¹ and B 4–6 mg kg⁻¹.
- The observed nutrient proportions also characterised the nourishment status of hay. In the case of high yields, the amount of N was above 2%, while that of P was above 0.2%; therefore, the proportion of N/P was around 8–10. In accordance with the references, the P/Zn ratio was 100–150 on fertile soil, the ratio of P/NO₃-N was around 200, while the proportion of Cu/Mo was found to be around 10. The extreme N shortage was shown by the fact that the ratio of N/P was around 3, the significant Zn shortage was shown by the P/Zn ratio which was above 300, while Cu shortage was getting more and more severe, which was shown by the fact that the Cu/Mo ratio decreased to around 2. The induced element disproportions could be observed by crop analysis, and the nourishment status can be diagnosed.
- As a result of the N and P supply, the following amounts of elements were taken up per hectare: 5–96 kg N, 2–26 kg Ca, 2–11 kg P, 1–7 kg Mg, 0.1–8.0 kg NO₃-N. As regards microelements, the following values were measured: 34–405 g Fe, 25–354 g Mn, 18–210 g Al, 5–95 g Sr, 7–89 g Zn, 2–20 g B, 1–15 g Ba and Cu, 0.7–4.0 g Mo, 0.1–1.4 g Ni, 0.01– 0.11 g Cd per hectare. The g ha⁻¹ levels of As, Hg, Cr, Se, Co were below the detection level. Levels of K (8–84 kg ha⁻¹), Na (0.1–4.9 kg ha⁻¹) and Mo (0.6–3.6 g ha⁻¹) showed extreme values concerning N and K levels.
- The specific element need of the examined grass hay without papilionaceae for the production of 1 t hay under the given experimental conditions, excluding extreme values was shown to be the following: 10–23 kg N, 12–20 kg K (14–24 K₂O), 4–6 kg Ca (5–8 kg CaO), 2–3 kg P (4–7 kg P₂O₅) and around 2 kg Mg (3–4 kg MgO). These data could be informative in the technical advice system during the calculation of the element need of the planned yield.

8. Műtrágyahatások vizsgálata a 8. éves gyepen 2008-ban

Eredmények

Csapadékelátottság. A vizsgált 2008. év összességében száraz, aszályos volt. Az éves csapadék összege 397 mm-t tett ki. Januárban 11, februárban 4, márciusban 50, áprilisban 18, májusban 30 mm eső esett, tehát kaszálásig 113 mm csapadékban részesült a gyepterület. Igaz, hogy az előző 2007. évben a május végén történt egyetlen kaszálást követően év végéig még 375 mm csapadékot kapott a terület, melynek egy részét a 8. éves gyepterület még hasznosíthatta 2008-ban. Erre vezethető vissza, hogy a bőséges trágyázásban részesült parcellákon a légszáraz szénatermés elérte a 7-8 t/ha tömeget. Ezt követően már a 2. kaszálásra nem került sor, gazdaságilag értékelhető sarj nem képződött.

Bonitálásaink szerint a N-hiányos talajon fejletlen, kicsi, ritka és sárga, míg az NPK műtrágyákkal bőségesen trágyázotton magas, sűrű és sötétzöld jól fejlett állomány képződött. Az átlagos növénymagasság április elején 5-15 cm, május 26-án a kaszálás előtt 80-100 cm között változott a kezelések függvényében. Döntőnek az NxP kölcsönhatások bizonyultak. A N önmagában is megnégyesítette a kontroll termését, a növekvő P-kínálat hatása viszont csak a N-bőség mellett érvényesült. Az együttes NP-trágyázással a kontroll hozama 8-szorosára emelkedett. A K-trágyázás maximális hatása az NP-bőség mellett jelentkezett 2 t/ha többlettel. Így az együttes NPK kínálat 10 t/ha szénatermést produkált a 35. éves trágyázatlan kontroll parcella hozamát egy nagyságrenddel növelve (1. táblázat).

Az 1. táblázatban az is megfigyelhető, hogy a fejletlen és kicsi kontroll parcellán fejlődött füvek légszárazanyag tartalma 30% körüli, míg a nagytömegű, fejlett, a talajvizet jobban felhasználó állományé 40% körüli volt. A P-trágyázás érésgyorsító hatása ismert. A N a K-mal együtt azonban általában fiatalít, növeli a növényi szövetek vízkészletét. Esetünkben a N ilyen hatása a talaj limitált vízkínálata miatt nem érvényesülhetett. A légszárazanyag változása hűen követi a terméstömeg megfigyelhető módosulásait.

A gypszéna összetétele látványosan változott az N, P, K ellátottsági szintek függvényében. A N-trágyázás serkentette a N, NO₃-N, valamint a Ca, Na, Mn, Zn, Ba, Cu kationok beépülését. A Mg, Na, B elemek maximális koncentrációját a 100 kg/ha/év kezelésben találjuk, majd a kifejezett N-túlsúly nyomán a koncentráció igazolhatóan visszaesik. A K, P, S, Ni, Mo elemek esetében a N-kínálattal mérséklődik a koncentráció. Ez a hígulás, csökkenés 30% körüli a K, 40% körüli a P és a Ni, illetve az 50%-ot is eléri a Mo elemben. Utóbbi körülményhez nem csupán a nagyobb terméstömeggel előálló hígulás, hanem a nitrát-molibdenát anionantagonizmus is hozzájárulhatott (2. táblázat).

1. táblázat Az NxP ellátottság hatása a gyep fejlődésére és termésére 2008-ban a K-kezelések átlagában

| Készletcsek átlagában | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-------------------|-------|
| AL-P ₂ O ₅ | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| mg/kg | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Bonitálás 04.03-án | | | | | | |
| 87 | 1,0 | 2,8 | 3,1 | 3,2 | 0,6 | 2,5 |
| 214 | 1,0 | 3,8 | 4,6 | 5,0 | | 3,6 |
| 444 | 1,0 | 3,9 | 4,9 | 5,0 | | 3,7 |
| 704 | 1,0 | 4,0 | 4,9 | 5,0 | | 3,7 |
| Átlag | 1,0 | 3,6 | 4,4 | 4,6 | 0,3 | 3,4 |
| Bonitálás 05.26-án | | | | | | |
| 87 | 1,0 | 3,4 | 4,0 | 4,1 | 0,4 | 3,1 |
| 214 | 1,1 | 4,0 | 4,9 | 4,9 | | 3,7 |
| 444 | 1,0 | 4,0 | 5,0 | 5,0 | | 3,8 |
| 704 | 1,2 | 4,0 | 5,0 | 5,0 | | 3,8 |
| Átlag | 1,1 | 3,8 | 4,7 | 4,8 | 0,2 | 3,6 |
| Átlagos növénymagasság 05.26-án, cm | | | | | | |
| 87 | 79 | 93 | 93 | 95 | 6 | 90 |
| 214 | 81 | 102 | 98 | 95 | | 94 |
| 444 | 82 | 100 | 99 | 93 | | 94 |
| 704 | 85 | 95 | 102 | 94 | | 94 |
| Átlag | 82 | 98 | 98 | 94 | 3 | 93 |
| Légszárazanyag 05.26-án, % | | | | | | |
| 87 | 29 | 31 | 31 | 32 | 8 | 31 |
| 214 | 31 | 39 | 39 | 37 | | 36 |
| 444 | 32 | 35 | 35 | 39 | | 35 |
| 704 | 29 | 36 | 41 | 39 | | 36 |
| Átlag | 30 | 35 | 37 | 37 | 4 | 35 |
| Légszáraz széna 05.26-án, t/ha | | | | | | |
| 87 | 0,9 | 3,0 | 3,5 | 3,8 | 1,4 | 2,8 |
| 214 | 1,5 | 5,5 | 6,9 | 6,9 | | 5,2 |
| 444 | 1,2 | 4,8 | 6,8 | 7,3 | | 5,0 |
| 704 | 1,2 | 5,1 | 8,0 | 7,7 | | 5,5 |
| Átlag | 1,2 | 4,6 | 6,3 | 6,4 | 0,7 | 4,6 |

Bonitálás: 1= kicsi, ritka, sárga; 5=magas, sűrű, sötétzöld jól fejlett állomány.

Megjegyzés: K-trágyázás 1-2 t/ha szénatöbbletet eredményezett az NP-vel jól ellátott kezelésekben, ahol 10 t/ha körüli maximális szénahozam képződött.

A P-kínálattal nőtt a P, S, Mn és Ba tartalma a szénában, míg a NO₃-N, Zn és a Mo visszaesik. A szuperfoszfát a P és S elemeknek forrása. A Mn és a Ba felvételére a P szinergista hatású volt. A NO₃-N tartaléktápanyag, melyet a növény csak a megfelelő P-kínálattal képes hasznosítani, hiszen a fehérjeszintézis mindkét elem jelenlétét igényli. Természetes, hogy a bőséges P-kínálattal a NO₃-N készlete 1/3-ára csökken. Érvényesül az ismert P-Zn antagonizmus, a látens Zn-hiány erősödhet. A Mo viszont kifejezetten mobilis karbonátos talajokban, így a foszfát/molibdenát anionantagonizmussal indukált koncentráció-csökkenés nem okozhat problémát. Megemlítjük, hogy takarmányozási szempontból a

szakirodalom 25-50 mg/kg Zn, illetve 0,1-0,5 mg/kg Mo koncentrációt tekint kívánatosnak (Finck 1982, Bergmann 1992, Schmidt 1993).

2.táblázat Műtrágyázás hatása a gypeszéna elemtartalmára 2008.05.26-án

| Elem jele | Mérték- egység | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SZD _{5%} | Átlag |
|--------------------|-------------------|--|------|------|------|-------------------|-------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| N | % | 0,73 | 1,09 | 1,63 | 1,84 | 0,09 | 1,32 |
| K | % | 1,62 | 1,38 | 1,14 | 1,15 | 0,15 | 1,32 |
| Ca | % | 0,39 | 0,40 | 0,43 | 0,45 | 0,04 | 0,42 |
| P | % | 0,25 | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,02 | 0,18 |
| S | % | 0,15 | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,01 | 0,13 |
| Mg | % | 0,14 | 0,16 | 0,14 | 0,13 | 0,02 | 0,14 |
| Na | mg/kg | 103 | 990 | 689 | 404 | 242 | 546 |
| NO ₃ -N | mg/kg | 112 | 153 | 886 | 1213 | 176 | 591 |
| Mn | mg/kg | 50 | 55 | 64 | 71 | 6 | 60 |
| Zn | mg/kg | 13 | 14 | 16 | 18 | 2 | 15 |
| B | mg/kg | 5,7 | 6,8 | 6,1 | 5,0 | 0,6 | 5,9 |
| Ba | mg/kg | 2,8 | 2,8 | 3,5 | 4,0 | 0,4 | 3,3 |
| Cu | mg/kg | 2,1 | 2,8 | 3,4 | 3,8 | 0,2 | 3,0 |
| Ni | mg/kg | 1,0 | 0,9 | 1,0 | 0,6 | 0,2 | 0,9 |
| Mo | mg/kg | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0,6 |
| Elem jele | Mérték- egység | AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg | | | | SZD _{5%} | Átlag |
| | | 87 | 214 | 444 | 704 | | |
| P | % | 0,13 | 0,18 | 0,20 | 0,22 | 0,02 | 0,18 |
| S | % | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,01 | 0,13 |
| NO ₃ -N | mg/kg | 1038 | 598 | 380 | 348 | 176 | 591 |
| Mn | mg/kg | 53 | 60 | 63 | 64 | 6 | 60 |
| Zn | mg/kg | 19 | 14 | 14 | 13 | 2 | 15 |
| Ba | mg/kg | 2,8 | 3,2 | 3,6 | 3,5 | 0,4 | 3,3 |
| Mo | mg/kg | 0,9 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,1 | 0,6 |
| Elem jele | Mérték- egység | AL-oldható K ₂ O, mg/kg | | | | SZD _{5%} | Átlag |
| | | 158 | 201 | 279 | 363 | | |
| K | % | 0,94 | 1,16 | 1,49 | 1,69 | 0,15 | 1,32 |
| Ca | % | 0,51 | 0,42 | 0,38 | 0,37 | 0,04 | 0,42 |
| Na | mg/kg | 789 | 774 | 406 | 217 | 242 | 546 |
| B | mg/kg | 6,7 | 6,1 | 5,5 | 5,4 | 0,6 | 5,9 |
| Cu | mg/kg | 3,4 | 3,0 | 2,9 | 2,8 | 0,2 | 3,0 |

Megjegyzés: Fe 55, Al 29, Co 0,06 mg/kg átlagosan. Az As 0,40, Hg 0,12, Cr 0,10, Cd 0,02 mg/kg méréshatár alatt.

A javuló K-ellátottság eredményeképpen emelkedik a K és mérséklődik a Ca, Na, Cu kationok, valamint a B tartalma a szénában. Döntően érvényesül a K-B és a K, illetve az egyéb kationok közötti antagonizmus az elemek felvételében, hiszen a hígulási effektus hatása elhanyagolható a K-trágyázás esetén. Bizonyos elemek felvétele során ezek a mechanizmusok meghatározó szerephez juthatnak. Az alkalmazott N-műtrágya pl. Na elemet gyakorlatilag nem tartalmazott, mégis a Na-tartalom közel nagyságrenddel nőtt a 100 kg/ha/év N-adaggal a N-kontrollhoz

3. táblázat Az NxP ellátottsági szintek hatása a légszáraz gyepszéna elemtartalmára. Kölcsönhatás vizsgálatok 2008. 05.26-án

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD ₅ % | Átlag |
|---|-------------------------|------|------|------|--------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| N % | | | | | | |
| 87 | 0,76 | 1,28 | 1,74 | 1,86 | | 1,41 |
| 214 | 0,69 | 1,00 | 1,69 | 1,81 | | 1,30 |
| 444 | 0,79 | 1,01 | 1,44 | 1,85 | 0,18 | 1,27 |
| 704 | 0,70 | 1,07 | 1,67 | 1,83 | | 1,32 |
| Átlag | 0,73 | 1,09 | 1,63 | 1,84 | 0,09 | 1,32 |
| P % | | | | | | |
| 87 | 0,21 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | | 0,13 |
| 214 | 0,25 | 0,16 | 0,15 | 0,16 | 0,03 | 0,18 |
| 444 | 0,24 | 0,20 | 0,18 | 0,18 | | 0,20 |
| 704 | 0,29 | 0,21 | 0,20 | 0,17 | | 0,22 |
| Átlag | 0,25 | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,02 | 0,18 |
| S % | | | | | | |
| 87 | 0,16 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | | 0,12 |
| 214 | 0,15 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,02 | 0,12 |
| 444 | 0,15 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | | 0,13 |
| 704 | 0,16 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | | 0,14 |
| Átlag | 0,15 | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,01 | 0,13 |
| NO ₃ -N mg/kg | | | | | | |
| 87 | 102 | 254 | 1656 | 2138 | | 1038 |
| 214 | 122 | 150 | 952 | 1168 | 353 | 598 |
| 444 | 122 | 90 | 334 | 974 | | 380 |
| 704 | 100 | 118 | 602 | 572 | | 348 |
| Átlag | 112 | 153 | 886 | 1213 | 176 | 591 |
| Mn mg/kg | | | | | | |
| 87 | 47 | 48 | 54 | 63 | | 53 |
| 214 | 48 | 50 | 68 | 74 | 12 | 60 |
| 444 | 53 | 59 | 68 | 71 | | 63 |
| 704 | 51 | 66 | 64 | 75 | | 64 |
| Átlag | 50 | 55 | 64 | 71 | 6 | 60 |
| Zn mg/kg | | | | | | |
| 87 | 12 | 19 | 21 | 25 | | 19 |
| 214 | 13 | 11 | 15 | 18 | 4 | 14 |
| 444 | 12 | 12 | 14 | 16 | | 14 |
| 704 | 13 | 12 | 15 | 13 | | 13 |
| Átlag | 13 | 14 | 16 | 18 | 2 | 15 |
| Mo mg/kg | | | | | | |
| 87 | 1,00 | 1,29 | 0,76 | 0,64 | | 0,92 |
| 214 | 0,78 | 0,67 | 0,60 | 0,49 | 0,20 | 0,64 |
| 444 | 0,74 | 0,75 | 0,38 | 0,30 | | 0,54 |
| 704 | 0,83 | 0,58 | 0,29 | 0,32 | | 0,50 |
| Átlag | 0,84 | 0,82 | 0,51 | 0,44 | 0,10 | 0,65 |
| Ba mg/kg | | | | | | |
| 87 | 2,9 | 2,9 | 2,7 | 2,9 | | 2,8 |
| 214 | 2,8 | 2,7 | 3,3 | 3,9 | 0,8 | 3,2 |
| 444 | 3,0 | 3,0 | 3,8 | 4,4 | | 3,6 |
| 704 | 2,6 | 2,6 | 4,1 | 4,6 | | 3,5 |
| Átlag | 2,8 | 2,8 | 3,5 | 4,0 | 0,4 | 3,3 |

viszonyítva. A kálisó 5-10% Na elemet tartalmazhat. A K-trágyázás nyomán ennek ellenére a széna Na-készlete kevesebb mint 1/3-ára csökkent. A Fe 55, Al 29, Co 0,06 mg/kg koncentrációt mutatott átlagosan a kezeléstől függetlenül. Az As 0,40, a Hg 0,12, a Cr 0,10, a Cd 0,02 mg/kg kimutatási határ alatt maradt (2.táblázat).

Amint a 3. táblázatban látható, az NxP kölcsönhatások eredőjeként pl. a P 0,10-0,29%; a NO₃-N 100-2138 mg/kg, Mn 45-75 mg/kg, Zn 12-25 mg/kg, Mo 0,3-1,3 mg/kg extrém értékeket mutatott. A P hiánya és a NO₃-N túlsúlya rendkívüli módon kifejezetté vált az egyidejűleg P-hiányos és N-bőséges kezelésben. A Zn-hiány diagnosztikai szempontból megszűnt a N-bőséggel a gyenge P-ellátottságú talajon. Ugyanakkor a nemkívánatos Mo-túlsúly visszaszorult az egyidejű NP-kínálattal. A Mn koncentrációja a kívánatosnak tekintett 35-100 mg/kg tartományban maradt a megnyilvánult NxP kölcsönhatások ellenére.

Az NxK kölcsönhatások a 4. táblázatban tanulmányozhatók. A bemutatott eredmények szerint a K kereken 0,7-1,7%, Ca 0,3-0,6%, Na 46-1653 mg/kg, B 4,5-7,9 mg/kg, Cu 2-4 mg/kg szélső értékeket mutat az eltérő kezelési szituációkban. A Na koncentrációja 36-szoros eltérést jelez az NxK ellátottság függvényében. A 0,1-0,2% Na-tartalmú füvek már fedezhetik a legelő marha Na-igényét, melyet a mérsékelt NP-kezelésekben mértünk. A Cu-hiány viszont fennállhat a kezelésektől függetlenül, amennyiben 5-12 mg/kg Cu-tartalom kívánatos a füvekben. Mivel egy elem túlsúlya más elem hiányát is jelenti, fontos a tápelemarányok, vagyis a kiegyensúlyozott tápláltság vizsgálata.

Különböző irodalmi források szerint a pillangós nélküli gyp kielégítő elemellátottságát az alábbi optimális koncentrációk tükrözhetik a szénában: 1,5-2,5% N és K; 0,3-0,5% Ca; 0,2-0,3% P; 0,1-0,3% S; 0,1-0,2% Mg; 35-100 mg/kg Fe és Mn; 25-50 mg/kg Zn; 5-10 mg/kg Cu és B; 0,1-0,5 mg/kg Mo, Co, Se (Horváth és Prohászka 1976, 1979; Romasev 1960; Finck 1982; Bergmann 1992). A közölt diagnosztikai határértékek alapján a kiegyensúlyozott tápláltsági állapotnak a 0,8-1,2 körüli N/K; 8-12 közötti N/P; 10-20 közötti N/S, vagy K/Mg; 50-150 P/Zn, illetve 10-50 közötti Cu/Mo arányok felelhetnek meg. Ezek az arányok növényélettani és takarmányozási szempontból egyaránt a figyelem középpontjában állnak.

Az NxP ellátottsági kezelésekből az optimum a 8-12 N/P arány körüli, amelyhez a nagy szénatermések köthetők. Az egyoldalúan P-túlsúlyos talajon a P/Zn aránya 150 fölé emelkedik rejtett Zn-hiányra utalva. A NO₃-N/Mo aránya, illetve az össz N/Mo aránya jelzi a nagyságrendi eltolódást a N-túlsúly eredményeképpen. A növekvő P-kínálattal a NO₃-N/Mo hányadosa visszaesik, a NO₃-N felhasználódik, míg a N/Mo hányadosa megkétszereződik, nőhet. A Cu/Mo aránya a kívánatos 10 körüli, illetve 10 feletti tartományba csak a bőséges NP-trágyázással kerül. A N-hiányos kezelések Cu-hiányos kezelések.

4. táblázat Az N x K ellátottsági szintek hatása a légszáraz gyepszéna elemtartalmára. Kölcsönhatás vizsgálatok 2008. 05. 26-án

| AL-K ₂ O mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|------------------------------|-------------------------|------|------|------|-------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K % | | | | | | |
| 158 | 1,51 | 0,79 | 0,75 | 0,73 | 0,30 | 0,94 |
| 201 | 1,60 | 1,11 | 0,96 | 0,98 | | 1,16 |
| 279 | 1,70 | 1,71 | 1,31 | 1,26 | | 1,49 |
| 363 | 1,69 | 1,90 | 1,56 | 1,63 | | 1,69 |
| Átlag | 1,62 | 1,38 | 1,14 | 1,15 | 0,15 | 1,32 |
| Ca % | | | | | | |
| 158 | 0,42 | 0,51 | 0,51 | 0,60 | 0,08 | 0,51 |
| 201 | 0,38 | 0,43 | 0,45 | 0,40 | | 0,42 |
| 279 | 0,37 | 0,36 | 0,38 | 0,40 | | 0,38 |
| 363 | 0,39 | 0,32 | 0,38 | 0,39 | | 0,37 |
| Átlag | 0,39 | 0,40 | 0,43 | 0,45 | 0,04 | 0,42 |
| Na mg/kg | | | | | | |
| 158 | 203 | 1653 | 626 | 674 | 484 | 789 |
| 201 | 91 | 1473 | 1001 | 530 | | 774 |
| 279 | 71 | 631 | 764 | 157 | | 406 |
| 363 | 46 | 202 | 364 | 258 | | 217 |
| Átlag | 103 | 990 | 689 | 404 | 242 | 546 |
| B mg/kg | | | | | | |
| 158 | 6,0 | 7,9 | 6,7 | 6,2 | 1,2 | 6,7 |
| 201 | 6,0 | 7,1 | 6,5 | 4,7 | | 6,1 |
| 279 | 5,4 | 6,0 | 5,7 | 4,8 | | 5,5 |
| 363 | 5,6 | 6,3 | 5,4 | 4,5 | | 5,4 |
| Átlag | 5,7 | 6,8 | 6,1 | 5,0 | 0,6 | 5,9 |
| Cu mg/kg | | | | | | |
| 158 | 2,3 | 3,2 | 3,8 | 4,1 | 0,4 | 3,4 |
| 201 | 2,0 | 2,9 | 3,4 | 3,9 | | 3,0 |
| 279 | 2,0 | 2,7 | 3,1 | 3,9 | | 2,9 |
| 363 | 2,0 | 2,6 | 3,2 | 3,5 | | 2,8 |
| Átlag | 2,1 | 2,8 | 3,4 | 3,8 | 0,2 | 3,0 |

Az elemtartalom és a termésmennyiség szorzata tájékoztat az elemfelvételtől, a talaj elszegényedéséről. Az 5. táblázat adatai az NxP ellátottsági szintek hatását mutatja be a gyepek elemfelvételére. Egyes elemek felvételét szélsőségek jellemezték: N 7-141, Ca 4-36, P 2-14, Mg 2-11, S 2-11, NO₃-N 0,1-8,3 kg/ha. A mikroelemek mennyiségei: Fe 54-430, Mn 42-545, Al 30-270, Zn 12-120, Sr 8-116, B 5-46, Ba 3-33, Ni 1-4, Co 0,1-0,5 g/ha tartományban változtak az NP-kontroll és nagytermésű parcellák között.

A 6. táblázatban az NxK ellátottság hatása tanulmányozható a terméssel kivont elemek mennyiségéről. A K 15-131 kg/ha, Ca 4-30 kg/ha, Na 0,1-7,1 kg/ha, NO₃-N 0,1-11,4 kg/ha, Mo 0,9-4,2 g/ha felvételt mutatott.

5. táblázat N x P ellátottság hatása a gyepszéna elemfelvételére 2008. 05. 26-án

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|---|-------------------------|-----|------|------|-------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| N kg/ha | | | | | | |
| 87 | 7 | 38 | 61 | 71 | 20 | 44 |
| 214 | 10 | 55 | 96 | 125 | | 72 |
| 444 | 9 | 48 | 115 | 141 | | 78 |
| 704 | 8 | 53 | 133 | 131 | | 82 |
| Átlag | 8 | 48 | 101 | 117 | 10 | 69 |
| Ca kg/ha | | | | | | |
| 87 | 4 | 11 | 14 | 15 | 6 | 11 |
| 214 | 5 | 20 | 29 | 31 | | 21 |
| 444 | 5 | 20 | 29 | 36 | | 23 |
| 704 | 4 | 23 | 35 | 32 | | 24 |
| Átlag | 4 | 18 | 27 | 28 | 3 | 20 |
| P kg/ha | | | | | | |
| 87 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 |
| 214 | 4 | 9 | 10 | 11 | | 8 |
| 444 | 3 | 9 | 12 | 13 | | 9 |
| 704 | 3 | 11 | 14 | 14 | | 10 |
| Átlag | 3 | 8 | 10 | 10 | 1 | 8 |
| Mg kg/ha | | | | | | |
| 87 | 1,3 | 4,6 | 5,6 | 5,7 | 2 | 4,3 |
| 214 | 2,0 | 9,5 | 9,2 | 9,1 | | 7,5 |
| 444 | 1,6 | 8,1 | 8,1 | 9,6 | | 6,9 |
| 704 | 1,6 | 7,7 | 9,4 | 10,6 | | 7,1 |
| Átlag | 1,6 | 7,5 | 7,8 | 8,8 | 1 | 6,4 |
| S kg/ha | | | | | | |
| 87 | 1,4 | 3,3 | 3,4 | 3,6 | 1,8 | 2,9 |
| 214 | 2,1 | 5,8 | 7,8 | 7,9 | | 5,9 |
| 444 | 1,7 | 5,7 | 8,5 | 10,7 | | 6,7 |
| 704 | 1,8 | 6,1 | 10,8 | 11,0 | | 7,5 |
| Átlag | 1,8 | 5,2 | 7,6 | 8,4 | 0,9 | 5,8 |
| NO ₃ -N kg/ha | | | | | | |
| 87 | 0,1 | 0,7 | 5,9 | 8,3 | 1,2 | 3,8 |
| 214 | 0,2 | 0,8 | 6,4 | 8,5 | | 4,0 |
| 444 | 0,1 | 0,4 | 3,3 | 7,8 | | 2,9 |
| 704 | 0,1 | 0,6 | 3,8 | 4,2 | | 2,2 |
| Átlag | 0,1 | 0,6 | 4,8 | 7,2 | 0,6 | 3,2 |
| Mn g/ha | | | | | | |
| 87 | 42 | 141 | 191 | 237 | 91 | 153 |
| 214 | 67 | 272 | 467 | 518 | | 331 |
| 444 | 61 | 279 | 457 | 539 | | 334 |
| 704 | 59 | 333 | 508 | 545 | | 361 |
| Átlag | 57 | 256 | 406 | 460 | 45 | 295 |

Az elemtartalom és a terméstmög szorzata tájékoztat az elemfelvétélről, a talaj elszegényedéséről. Az 5. táblázat adatai az NxP ellátottsági szintek hatását mutatja be a gyepl elemfelvételére. Egyes elemek felvételét szélsőségek jellemezték: N 7-141, Ca 4-36, P 2-14, Mg 2-11, S 2-11, NO₃-N 0,1-8,3 kg/ha. A mikroelemek mennyiségei: Fe 54-430, Mn 42-545, Al 30-270, Zn 12-120, Sr 8-116, B 5-46, Ba 3-33, Ni 1-4, Co 0,1-0,5 g/ha tartományban változtak az NP-kontroll és nagytermésű parcellák között.

A 6. táblázatban az NxK ellátottság hatása tanulmányozható a terméssel kivont elemek mennyiségéről. A K 15-131 kg/ha, Ca 4-30 kg/ha, Na 0,1-7,1 kg/ha, NO₃-N 0,1-11,4 kg/ha, Mo 0,9-4,2 g/ha felvételt mutatott.

6. táblázat N x K ellátottság hatása a gyeplszéna elemfelvételére 2008. 05. 26-án

| AL-K ₂ O mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|------------------------------|-------------------------|-----|-----|------|-------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K kg/ha | | | | | | |
| 158 | 15 | 33 | 43 | 36 | 20 | 32 |
| 201 | 19 | 48 | 55 | 60 | | 45 |
| 279 | 21 | 87 | 86 | 74 | | 67 |
| 363 | 21 | 90 | 103 | 131 | | 86 |
| Átlag | 19 | 64 | 72 | 75 | 10 | 58 |
| Ca kg/ha | | | | | | |
| 158 | 4 | 22 | 29 | 30 | 6 | 22 |
| 201 | 4 | 18 | 27 | 29 | | 20 |
| 279 | 4 | 19 | 26 | 26 | | 19 |
| 363 | 5 | 14 | 26 | 28 | | 18 |
| Átlag | 4 | 18 | 27 | 28 | 3 | 20 |
| Na kg/ha | | | | | | |
| 158 | 0,2 | 7,1 | 3,8 | 2,6 | 1,2 | 3,4 |
| 201 | 0,1 | 6,4 | 5,5 | 2,6 | | 3,7 |
| 279 | 0,1 | 3,3 | 4,6 | 1,8 | | 2,4 |
| 363 | 0,1 | 1,0 | 2,3 | 1,1 | | 1,1 |
| Átlag | 0,1 | 4,5 | 4,1 | 2,0 | 0,6 | 2,7 |
| NO ₃ -N kg/ha | | | | | | |
| 158 | 0,1 | 0,6 | 3,7 | 5,1 | 1,2 | 2,4 |
| 201 | 0,2 | 0,7 | 4,7 | 5,6 | | 2,8 |
| 279 | 0,1 | 0,6 | 6,6 | 6,7 | | 3,5 |
| 363 | 0,1 | 0,7 | 4,4 | 11,4 | | 4,1 |
| Átlag | 0,1 | 0,7 | 4,8 | 7,2 | 0,6 | 3,2 |
| Mo g/ha | | | | | | |
| 158 | 0,9 | 3,3 | 2,5 | 2,3 | 0,8 | 2,2 |
| 201 | 0,9 | 3,1 | 2,9 | 2,0 | | 2,2 |
| 279 | 1,1 | 4,2 | 3,6 | 2,8 | | 2,9 |
| 363 | 1,0 | 3,4 | 2,7 | 3,4 | | 2,6 |
| Átlag | 1,0 | 3,5 | 2,9 | 2,6 | 0,4 | 2,5 |

Összefoglalás

- A 35 éve trágyázatlan kontrollon mért 0,9 t/ha széna termését az együttes NPK trágyázás 10 t/ha-ra növelte. Döntőnek a N, illetve az NxP kölcsönhatások bizonyultak, de a javuló K-ellátás is 2 t/ha körüli szénatöbbletet eredményezett a N-nel és P-ral egyaránt jól ellátott talajon. A kielégítő ellátottság a 150-200 mg/kg AL-P₂O₅, illetve AL-K₂O tartalomhoz köthető a szántott rétegben.

- A nagy szénaterméshez köthető „optimális” összetételt az 1,8% körüli N és K, valamint a 0,2% körüli P koncentrációja jelezte növénydiagnosztikai szempontból. A kedvező N/P aránya 8-12 közötti, az N/K 1 körüli tartományban volt. A N-trágyázás általában növelte, míg a K-trágyázás csökkentette a kationok beépülését. Érvényesült a nitrát/molibdenát, foszfát/molibdenát, a K/B és a P/Zn antagonizmus. Az NxP kölcsönhatások eredményeként a P 0,10-0,29%, NO₃-N 100-2138 mg/kg, Mn 45-75 mg/kg, Zn 12-25 mg/kg, Mo 0,3-1,3 mg/kg tartományban változott. Az NxK kölcsönhatások függvényében 0,7-1,7%K, 0,3-0,6% Ca, 46-1653 mg/kg Na, 4-8 mg/kg B, 2-4 mg/kg Cu szélső értékeket mértünk. A Cu-hiányos széna a N-hiányos kezelésekben azonosítható, ahol a Cu/Mo aránya 2-3 közötti. A kívánatos 10 körüli, vagy feletti Cu/Mo arány csak a bőséges NP-kínálattal állt elő.

- A hektáronkénti elemfelvétel a kezelések függvényében az alábbi szélső értékek között változott: N 7-141, K 15-131, Ca 4-36, P 2-14, S és Mg 2-11, Na 0,1-11 kg/ha. A termésekkel felvett mikroelemek mennyisége szintén tág határok között ingadozott a termés tömege és összetétele eredményeként: Fe 54-430, Mn 42-540, Al 30-270, Zn 12-120, Sr 8-116, B 5-46, Ba 3-33, Ni 1-4, Co 0,1-0,5 g/ha.

- Az 1 t/ha szénatermés képződéséhez a pillangósnélküli gyepek a kísérlet átlagában 15 kg N, 13 kg K (15 kg K₂O), 1,7 kg P (4 kg P₂O₅), 4,4 kg Ca (6 kg CaO), 1,4 kg Mg (2,3 kg MgO) mennyiségét igényelte. A fajlagos elemtartalom adatai felhasználhatók a tervezett termés elemigényének számításakor a szaktanácsadásban.

9. Műtrágyahatások vizsgálata a 9. éves gyepen 2009-ben

Eredmények

Csapadékelátottság. A vizsgált 2009. év összességében csapadékban szegénynek minősült. Az éves csapadékösszeg 448 mm-t tett ki, mely 88 mm-rel maradt el az 536 mm sokéves átlagtól. Januárban 45, februárban 45, márciusban 21, áprilisban 0, májusban 8 mm eső esett. Az 1. kaszálás idejéig tehát mindössze 119 mm. Igaz, hogy az előző 2008. évben csak egy kaszálásra került sor szintén májusban, majd ezt követően az év végéig még 285 mm eső hullott, melynek egy részét a gyepterhasznosíthatta 2009-ben.

Az 1. kaszálást követően júniusban 106, júliusban 18, augusztusban 37, azaz a két kaszálás között eltelt 2,5 hónap alatt 124 mm csapadékban részesült a terület. A 2. kaszáláskori szénatermés a bőségesen trágyázott kezeléseknél elérte az 1. kaszáláskor kapott tömeget.

Bonitálásaink szerint a N-hiányos talajon alacsony, fejletlen, ritka és sárga, míg az NPK műtrágyákkal bőségesen ellátott magas, sűrű, jól fejlett és sötétzöld állomány képződött. Az átlagos növénymagasság május 26-án kaszálás előtt 10-50 cm között változott a kezelések függvényében. Döntőnek az NxP együttes trágyázás bizonyult. Az 1. táblázat adatai szerint a N önmagában is megnégyszerezte a kontroll parcellák termését. A növekvő P-kínálat pozitív hatása viszont csak a N-bőség mellett érvényesült igazán. Az együttes NP-trágyázással a trágyázatlan parcella szénahozama 8-szorosára emelkedett. A K-trágyázás átlagosan 0,5 t/ha szénaterméstöbbleteket adott az NP-kezelésű parcellákon.

Az 1. táblázatban az is megfigyelhető, hogy a kontroll talajon a fejletlen, sárguló és kicsi állomány légszárazanyag tartalma 40% körüli, míg a nagytömegű, fejlett, a talajvizet jobban elhasználó állományé az 50%-ot is eléri. Esetünkben tehát mind a P, mind az N csökkentette a növényi szövetek vízkészletét. A P-trágyázás érésgyorsító hatása ismert. A N azonban a K-mal együtt általában fiatalít, a vízfelvételt növelve a növényben. A talaj limitált vízkészlete miatt a N ilyen hatása nem érvényesülhetett. A légszárazanyag módosulása tendenciájában a terméstömeg módosulásait követi ebben az extrém aszályos időszakban.

A nagy szárazanyagtartalom, csökkent átlagos növénymagasság és a mérsékelt szénahozam oka a kifejezett tavaszi aszály. A betakarítás előtti két hónap alatt mindössze 8 mm eső esett, miközben május 20-26. között a hőmérséklet 30°C-ra emelkedett. Átlagos években a gyepter szárazanyagtartalma 25-30% körül, a növénymagasság 80-100 cm, a szénahozam 1-6 t/ha között ingadozik az NxP kezelések függvényében. A 2. kaszálás terméstömege mintegy a fele általában az 1. kaszálás tömegének, így az össztermés a kontrollon mért 1-2 t/ha mennyiségről 10 t/ha körülire, vagy e fölé emelkedik az NPK trágyázással a korábbi évek adatai alapján.

1. táblázat Az N x P ellátottság hatása a gyep fejlődésére és termésére 2009-ben a K-kezelések átlagában

| N-kezelések átlagában | | | | | | |
|---|-------------------------|-----|-----|-----|-------------------|-------|
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Bonitálás 04. 23-án | | | | | | |
| 82 | 1,0 | 2,1 | 3,0 | 3,0 | 0,8 | 2,3 |
| 201 | 1,0 | 2,4 | 4,2 | 4,3 | | 3,0 |
| 374 | 1,0 | 2,4 | 4,2 | 4,2 | | 2,9 |
| 600 | 1,0 | 2,2 | 4,3 | 4,6 | | 3,0 |
| Átlag | 1,0 | 2,3 | 3,9 | 4,0 | 0,4 | 2,8 |
| Bonitálás 05.26-án | | | | | | |
| 82 | 1,0 | 2,7 | 3,2 | 3,6 | 0,8 | 2,7 |
| 201 | 1,4 | 2,6 | 4,2 | 4,6 | | 3,2 |
| 374 | 1,1 | 2,9 | 4,0 | 4,2 | | 3,1 |
| 600 | 1,1 | 2,1 | 4,8 | 4,4 | | 3,1 |
| Átlag | 1,2 | 2,6 | 4,1 | 4,2 | 0,4 | 3,0 |
| Átlagos növénymagasság 05.26-án, cm | | | | | | |
| 82 | 9 | 24 | 36 | 38 | 6 | 27 |
| 201 | 11 | 26 | 51 | 49 | | 34 |
| 374 | 11 | 27 | 50 | 53 | | 35 |
| 600 | 12 | 25 | 52 | 53 | | 36 |
| Átlag | 11 | 25 | 47 | 48 | 3 | 33 |
| Légszárazanyag 05.26-án, % | | | | | | |
| 82 | 42 | 44 | 44 | 45 | 2 | 44 |
| 201 | 41 | 46 | 48 | 49 | | 46 |
| 374 | 42 | 47 | 50 | 49 | | 47 |
| 600 | 42 | 47 | 50 | 50 | | 47 |
| Átlag | 42 | 46 | 48 | 48 | 1 | 46 |
| Légszáraz széna 05.26-án, t/ha | | | | | | |
| 82 | 0,4 | 1,3 | 1,7 | 1,8 | 0,8 | 1,3 |
| 201 | 0,9 | 1,7 | 3,0 | 2,9 | | 2,2 |
| 374 | 0,6 | 1,6 | 2,6 | 3,0 | | 2,0 |
| 600 | 0,8 | 1,8 | 3,2 | 3,2 | | 2,2 |
| Átlag | 0,7 | 1,6 | 2,6 | 2,8 | 0,4 | 1,9 |

Bonitálás: 1= kicsi, ritka, sárga; 5= magas, sűrű, sötétzöld állomány

Megjegyzés: K-trágyázás átlagosan 0,5 t/ha terméstöbbletet adott az NP kezelésekben

A 2. kaszálás idején augusztus 12-én hasonlóképpen az NxP hatások dominálnak. Az átlagos magasság 8-40 cm között, a légszárazanyag 43-53% között változik, míg N-trágyázás nélküli parcellákon már gyakorlatilag nem képződik széna. A két kaszálás összege 0,8-6,4 t/ha szénatermést adott az NxP kezelések függvényében, a trágyázatlan kontroll termését tehát a bőséges NP trágyázás 8-szorosára növelte. A K-trágyázás átlagosan és összesen 0,7 t/ha terméstöbbletet nyújtott. A bemutatott adatokból az is megállapítható, hogy a gyepet nem lehetett túltrágyázni. Az extrém nagy 600 mg/kg AL-oldható P₂O₅ ellátottság, ill. a 300 kg/ha/év N-trágyázás nemcsak nem eredményez depressziót, hanem

tendenciájában vagy igazolhatóan növeli az állomány magasságát, ill. a szénahozamot (2. táblázat).

2. táblázat Az N x P ellátottság hatása a gyepek fejlődésére és termésére 2009-ben a K-kezelések átlagában (2. kaszálás)

| N-kezelések átlagában (2. kaszálás) | | | | | | |
|---|-------------------------|-----|-----|-----|-------------------|-------|
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Bonitálás 08.12-én | | | | | | |
| 82 | 1,3 | 1,8 | 3,1 | 3,5 | 0,6 | 2,4 |
| 201 | 1,0 | 1,3 | 3,9 | 4,0 | | 2,5 |
| 374 | 1,0 | 1,6 | 4,0 | 4,5 | | 2,8 |
| 600 | 1,3 | 1,4 | 4,0 | 4,6 | 0,3 | 2,8 |
| Átlag | 1,1 | 1,5 | 3,8 | 4,2 | | 2,6 |
| Átlagos növénymagasság 08.12-én, cm | | | | | | |
| 82 | 7 | 14 | 23 | 28 | 6 | 18 |
| 201 | 7 | 12 | 34 | 35 | | 22 |
| 374 | 10 | 16 | 35 | 39 | | 25 |
| 600 | 9 | 18 | 36 | 40 | 3 | 26 |
| Átlag | 8 | 15 | 32 | 36 | | 23 |
| Légszárazanyag 08.12-én, % | | | | | | |
| 82 | 43 | 44 | 46 | 48 | 4 | 46 |
| 201 | 50 | 48 | 55 | 51 | | 51 |
| 374 | 50 | 49 | 53 | 52 | | 51 |
| 600 | 47 | 48 | 57 | 53 | 2 | 51 |
| Átlag | 47 | 47 | 53 | 51 | | 50 |
| Légszáraz széna 08.12-én, t/ha | | | | | | |
| 82 | 0,0 | 0,6 | 1,2 | 1,3 | 0,4 | 0,8 |
| 201 | 0,1 | 0,4 | 1,8 | 2,2 | | 1,1 |
| 374 | 0,1 | 0,6 | 2,0 | 2,7 | | 1,4 |
| 600 | 0,2 | 0,7 | 2,4 | 3,1 | 0,2 | 1,6 |
| Átlag | 0,1 | 0,6 | 1,9 | 2,3 | | 1,2 |
| Légszáraz széna összesen 2009-ben, t/ha | | | | | | |
| 82 | 0,5 | 1,9 | 2,9 | 3,1 | 0,8 | 2,1 |
| 201 | 1,0 | 2,1 | 4,9 | 5,2 | | 3,3 |
| 374 | 0,7 | 2,2 | 4,6 | 5,7 | | 3,3 |
| 600 | 0,9 | 2,4 | 5,6 | 6,4 | 0,4 | 3,8 |
| Átlag | 0,8 | 2,2 | 4,5 | 5,1 | | 3,1 |

Bonitálás: 1 = kicsi, ritka, sárga; 5 = magas, sűrű, sötétzöld állomány

Megjegyzés: K-trágyázás átlagosan és összesen (1. + 2. kaszálás) 0,7 t/ha terméstöbbletet adott az NP kezelésekben

A műtrágyázás jelentősen módosította a gyepszéna elemösszetételét. A N-kínálattal nőtt a N, NO₃-N, Mn, Zn, Ba, Cu beépülése. A Ca, Mg, Na kationonk koncentrációja a mérsékelt 100 kg/ha/év adagnál emelkedik szignifikánsan a kontrollhoz viszonyítva, majd további N-kínálattal újra igazolhatóan mérséklődik. Egyértelműen hígul a növekvő terméssel (N-kínálattal) a K, P, B és a Mo. Utóbbi

elem a kontrollon mért 1/3-ára esik vissza a N-bőség nyomán a 3. táblázat adatai szerint.

3. táblázat NPK ellátottság hatása a gypszéna összetételére 2009.05.26-án

| Elem jele | Mértékegység | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|--------------------|--------------|--|------|------|------|-------------------|-------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| N | % | 1,05 | 1,30 | 1,74 | 1,86 | 0,08 | 1,49 |
| K | % | 1,45 | 1,02 | 0,90 | 0,90 | 0,13 | 1,07 |
| Ca | % | 0,50 | 0,59 | 0,50 | 0,53 | 0,06 | 0,53 |
| P | % | 0,31 | 0,18 | 0,16 | 0,15 | 0,02 | 0,20 |
| S | % | 0,18 | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 0,02 | 0,16 |
| Mg | % | 0,16 | 0,18 | 0,14 | 0,14 | 0,02 | 0,16 |
| Na | mg/kg | 185 | 1646 | 399 | 277 | 331 | 627 |
| NO ₃ -N | mg/kg | 64 | 111 | 256 | 310 | 46 | 185 |
| Mn | mg/kg | 51 | 68 | 66 | 75 | 6 | 65 |
| Zn | mg/kg | 14 | 13 | 16 | 16 | 2 | 15 |
| B | mg/kg | 6,7 | 7,2 | 5,2 | 5,2 | 0,8 | 6,1 |
| Ba | mg/kg | 3,0 | 3,2 | 4,8 | 5,4 | 0,5 | 4,1 |
| Cu | mg/kg | 3,4 | 3,7 | 5,0 | 5,4 | 0,6 | 4,4 |
| Mo | mg/kg | 1,9 | 1,2 | 0,7 | 0,6 | 0,2 | 1,1 |
| Cr | mg/kg | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 |
| Elem jele | Mértékegység | AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| | | 82 | 201 | 374 | 600 | | |
| P | % | 0,15 | 0,20 | 0,22 | 0,22 | 0,02 | 0,20 |
| S | % | 0,16 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,02 | 0,16 |
| NO ₃ -N | mg/kg | 254 | 184 | 158 | 145 | 46 | 185 |
| Zn | mg/kg | 20 | 14 | 13 | 12 | 2 | 15 |
| Sr | mg/kg | 12 | 14 | 18 | 19 | 2 | 16 |
| Mo | mg/kg | 1,4 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 0,2 | 1,1 |
| Cr | mg/kg | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 |
| Elem jele | Mértékegység | AL-oldható K ₂ O mg/kg | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| | | 131 | 174 | 240 | 301 | | |
| K | % | 0,76 | 0,92 | 1,17 | 1,43 | 0,13 | 1,07 |
| Ca | % | 0,56 | 0,54 | 0,53 | 0,48 | 0,06 | 0,53 |
| Mg | % | 0,18 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,02 | 0,16 |
| S | % | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,15 | 0,02 | 0,16 |
| Na | mg/kg | 791 | 756 | 640 | 319 | 331 | 627 |
| Sr | mg/kg | 17 | 16 | 16 | 14 | 2 | 16 |
| Cr | mg/kg | 0,27 | 0,20 | 0,20 | 0,18 | 0,06 | 0,21 |

Megjegyzés: Fe 157, Al 80, Ni 1 mg/kg átlagosan a kezelésektől függetlenül.

A Se 0,6; As 0,4; Pb 0,3; Hg 0,12; Co 0,04; Cd 0,02 mg/kg kimutatási határ alatt

A javuló P-ellátottság nyomán megnő a szénában mért P, S, Sr elemek mennyisége. Ismert, hogy a hazai szuperfoszfát mintegy 10% elemi S, 8% elemi P és 2% körüli elemi Sr készlettel rendelkezik. A P-kínálattal javul a N beépülése a növénybe, tehát mérséklődik a NO₃-N koncentrációja, mely a tartalék N szerepét

tölti be. Megnyilvánul ugyanakkor a P-Zn, ill. a P-Mo antagonizmus a hígulási effektussal együtt. A javuló K-ellátottság hatására a széna K-készlete nő meg, míg a Ca, Mg, Na, Sr, Cr kationok és a S koncentrációja visszaesik (3. táblázat).

4. táblázat. N x P ellátás hatása a gypeszéna elemfelvételére 2009. 05.26-án

| 4. táblázat. N X P táplálás hatása a gyepszelvény elemiellátására 2007. 03.20-án | | | | | | |
|--|-------------------------|------|------|------|-------------------|-------|
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| N kg/ha | | | | | | |
| 82 | 4,8 | 19,1 | 28,6 | 32,7 | 10,8 | 21,3 |
| 201 | 9,2 | 20,3 | 53,4 | 51,2 | | 33,5 |
| 374 | 7,2 | 18,6 | 46,5 | 60,0 | | 33,1 |
| 600 | 7,6 | 23,8 | 53,8 | 60,1 | | 36,5 |
| Átlag | 7,2 | 20,4 | 45,6 | 51,2 | 5,4 | 31,1 |
| Ca kg/ha | | | | | | |
| 82 | 2,1 | 6,8 | 8,3 | 9,7 | 4,0 | 6,7 |
| 201 | 4,1 | 9,7 | 14,8 | 13,8 | | 10,6 |
| 374 | 3,8 | 8,9 | 13,4 | 17,6 | | 10,9 |
| 600 | 3,7 | 11,6 | 15,3 | 15,7 | | 11,6 |
| Átlag | 3,4 | 9,2 | 12,9 | 14,2 | 2,0 | 10,0 |
| P kg/ha | | | | | | |
| 82 | 1,1 | 1,4 | 1,9 | 2,3 | 1,4 | 1,7 |
| 201 | 2,8 | 2,9 | 4,7 | 4,3 | | 3,7 |
| 374 | 2,1 | 3,1 | 4,6 | 5,2 | | 3,8 |
| 600 | 2,5 | 3,7 | 5,6 | 5,2 | | 4,2 |
| Átlag | 2,1 | 2,8 | 4,2 | 4,2 | 0,7 | 3,3 |
| S kg/ha | | | | | | |
| 82 | 0,8 | 1,8 | 2,5 | 2,7 | 1,2 | 1,9 |
| 201 | 1,6 | 2,2 | 4,8 | 4,5 | | 3,3 |
| 374 | 1,1 | 2,1 | 4,5 | 5,8 | | 3,4 |
| 600 | 1,4 | 2,7 | 5,7 | 6,0 | | 3,9 |
| Átlag | 1,2 | 2,2 | 4,4 | 4,8 | 0,6 | 3,1 |
| Mg kg/ha | | | | | | |
| 82 | 0,7 | 2,4 | 2,7 | 2,7 | 1,0 | 2,1 |
| 201 | 1,4 | 3,1 | 4,1 | 3,7 | | 3,1 |
| 374 | 1,1 | 2,6 | 3,4 | 4,5 | | 2,9 |
| 600 | 1,2 | 3,2 | 3,8 | 4,5 | | 3,2 |
| Átlag | 1,1 | 2,8 | 3,5 | 3,9 | 0,5 | 2,8 |
| Sr g/ha | | | | | | |
| 82 | 5 | 15 | 20 | 23 | 12 | 16 |
| 201 | 12 | 26 | 41 | 40 | | 30 |
| 374 | 12 | 28 | 44 | 57 | | 35 |
| 600 | 14 | 40 | 54 | 58 | | 42 |
| Átlag | 11 | 27 | 40 | 44 | 6 | 31 |

A nagyszámú kétirányú/kéttényezős eredménytáblázatok bemutatásától hely hiányában eltekintünk. Megemlítjük azonban, hogy az NxK ellátottság

függvényében a K 0,55-1,52; Ca 0,45-0,65; Mg 0,13-0,22; Na 0,02-0,23% között, az NxP ellátottság nyomán a P 0,13-0,34%; a NO₃-N 52-405, Zn 12-24, Sr 11-23, Mo 0,3-2,1, Cr 0,17-0,37 mg/kg tartományban változott.

A gyepszénába épült elemek mennyiségéről a 4. és 5. táblázatok nyújtanak áttekintést. A felvett elemek tömege mérsékelt maradt a viszonylag szerény terméssel. Így pl. az NxP ellátás hatására a N 5-60 kg, Ca 2-16 kg, S 1-6 kg, P 1-5 kg, Mg 1-4 kg, Sr 5-58 g hektáronként. Ugyanitt az Al 50-300, Mn 20-250, B 3-15, Cu 2-18, Ba 2-18, Ni 1-3 g/ha tartományban ingadozott (4. táblázat). Az NxK ellátottság nyomán a K 7-37 kg, Na 0,1-3,4 kg, NO₃-N 19-1134 g, Zn 7-49 g, Mo 1-2 g/ha elemfelvételt jelzett (5. táblázat).

5. táblázat N x K ellátottság hatása a gyeperelemfelvételére 2009.05.26-án

| AL-K ₂ O mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|------------------------------|-------------------------|-----|-----|------|-------------------|-------|
| 0 | 100 | 200 | 300 | | | |
| K kg/ha | | | | | | |
| 131 | 7 | 6 | 12 | 13 | 8 | 15 |
| 174 | 9 | 12 | 19 | 19 | | 22 |
| 240 | 12 | 23 | 27 | 31 | | 19 |
| 301 | 12 | 26 | 38 | 37 | | 21 |
| Átlag | 10 | 17 | 24 | 25 | 4 | 19 |
| Na kg/ha | | | | | | |
| 131 | 0,1 | 2,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,9 |
| 174 | 0,1 | 3,4 | 0,9 | 0,6 | | 1,2 |
| 240 | 0,1 | 3,4 | 1,6 | 0,5 | | 1,4 |
| 301 | 0,1 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | | 0,6 |
| Átlag | 0,1 | 2,5 | 0,9 | 0,6 | 0,3 | 1,0 |
| NO ₃ -N g/ha | | | | | | |
| 131 | 19 | 92 | 321 | 559 | 140 | 248 |
| 174 | 43 | 156 | 777 | 767 | | 436 |
| 240 | 65 | 264 | 761 | 876 | | 491 |
| 301 | 48 | 170 | 754 | 1134 | | 527 |
| Átlag | 44 | 171 | 653 | 834 | 70 | 425 |
| Zn g/ha | | | | | | |
| 131 | 7 | 16 | 32 | 33 | 10 | 22 |
| 174 | 9 | 21 | 40 | 40 | | 27 |
| 240 | 10 | 25 | 42 | 46 | | 31 |
| 301 | 12 | 20 | 45 | 49 | | 31 |
| Átlag | 10 | 20 | 40 | 42 | 5 | 28 |
| Mo g/ha | | | | | | |
| 131 | 1,1 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 0,6 | 1,1 |
| 174 | 1,1 | 1,8 | 1,7 | 1,4 | | 1,5 |
| 240 | 1,6 | 2,6 | 2,0 | 1,7 | | 2,0 |
| 301 | 1,5 | 2,1 | 2,1 | 1,7 | | 1,9 |
| Átlag | 1,3 | 1,9 | 1,7 | 1,4 | 0,3 | 1,6 |

Megemlítjük, hogy a 2. kaszáláskor a kisebb terméssel a termésbe épült elemek mennyisége is csökkent az 1. kaszáláshoz viszonyítva. Ez a csökkenés természetesen elemeként eltérő volt az elemtartalom függvényében. Így pl. a Na és a Ni esetében a 2. kaszálású szénában a felvétel mindössze 28%-a volt annak a mennyiségnek, amit az 1. kaszáláskor mértünk. A K, Ca, Al, S, Cu, Mo elemeknél 50-70% közötti mennyiségnek adódott, míg azon elemeknél, melyek jobban dúsultak az előregedő szénában (N, Ca, Mg, Sr, Ba, Zn, B), a felvétel elérte a 70-90%-át a május 26-án mértnek. A részletes adatközléstől ezúton is eltekintünk.

Összefoglalás

- A 36 éve trágyázatlan kontrollon 0,8 t/ha, a bőségesen trágyázott NPK kezelésben 6,4 t/ha szénahozam termelt a két kaszálással. Az őszi kaszálás átlagos szénatömege a májusi első kaszálás átlagos szénatermésének 63%-át tette ki. Döntőnek az N, illetve az NxP kölcsönhatások bizonyultak. Terméscsökkenést a legnagyobb PK ellátottság, ill. N-adag sem okozott.

- A javuló N-kínálattal az 1. kaszáláskor a N, NO₃-N, Mn, Zn, Ba, Cu; a P-kínálattal a P, S, Sr; a K-kínálattal a K koncentrációja emelkedett a szénában. Mérséklődött viszont a N-trágyázás nyomán a K, P, B, Mo; a P-trágyázás hatására a NO₃-N, Zn, Mo; K-kínálattal a Ca, Mg, Na, Sr, Cr kationok mennyisége.

- A N 1,05-1,86%, K 0,55-1,52%; Ca 0,45-0,65%; P 0,13-0,34%; Mg 0,13-0,22%; Na 0,02-0,23%, NO₃-N 52-405 mg/kg, Zn 12-24 mg/kg, Sr 11-23 mg/kg, Mo 0,3-2,1 mg/kg, Cr 0,2-0,4 mg/kg tartományban változott az NxP, ill. NxK kezelések nyomán az 1. kaszálás idején.

A gypszénába épült elemek mennyisége az 1. kaszáláskor a kezelések függvényében az alábbi minimum-maximum értékeket mutatta: 5-60 kg N, 7-37 kg K, 2-16 kg Ca, 1-5 kg P és S, 1-4 kg Mg; 0,1-3,4 kg Na; 5-58 g Sr; 7-49 g Zn; 1-2 g Mo hektáronként. Hasonló felvétel jellemezte a 2. kaszálás elemtartalmát, ill. elemfelvételét is.

- A 2. kaszálás idején a kisebb termésben a vizsgált elemek átlagos koncentrációja 20-50%-kal dúsult a szénában, összevetve az 1. kaszáláskorival. A N-trágyázás a N és NO₃-N, a P-trágyázás a P és Sr, a K-trágyázás a széna K-tartalmát növelte. Egyéb elemek mennyisége általában mérséklődött az NPK terheléssel. A felvett elemek mennyisége az 1. kaszáláskor mérthez viszonyítva a Na és Ni esetében átlagosan 25-30%; a K, Ca, Al, S, Cu, Mo elemeknél 50-70%; míg a N, Ca, Mg, Sr, Ba, B, Zn esetében (melyek jobban dúsultak az előregedő szénában) 70-90%-ot tett ki.

10. Műtrágyázás és a botanikai összetétel, 2001-2009

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Általában elfogadott, hogy mérsékeltén kedvező viszonyok között, pl. közepes termékenyséű talajon a fényért és a tápanyagokért folyó kompetíció is mérsékelt. Ezért itt viszonylag nagyszámú mezotróf faj élhet együtt oligotróf és eutotróf fajokkal. A kaszáló gyepeken bőséges N-kínálat esetén a kevés, de gyorsnövésű faj, a szálfüvek kiszorítják a lassabban fejlődő aljfüvek és a „virágzó” kétszikű fajok többségét. Hasonló hatású a P-trágyázás. A leginkább fajgazdag gyepek általában a legszegényebbek a talaj P-tartalmát tekintve. A P a N-nel együtt közvetlen befolyással bír a fajok közötti versengésre (*Peters és Janssens 1998, Bánszky 1997, 1988*).

Peters és Janssens (1998) szerint, ha az NH_4 -acetát+EDTA oldható P-tartalom a feltalajban meghaladja az 50 mg/kg értéket (a jó kielégítő ellátottságot), természetes gyepekben a fajok száma 20 alatt marad. Persze extrém tápelemhiányos, terméketlen termőhelyen már csak kevés, lassan fejlődő faj képes életben maradni. Itt tehát a fajok száma szintén kevés, korlátozott. Az extrém P-hiányos talajon kevés a pillangós, kicsi a N-kötés, kicsi a mineralizáció, a talajbani lebomlás. A P-szegény termőhelyet a gyorsnövésű eutróf fajok kevésbé tudják hasznosítani, nem képesek versenyezni a lassan növekvő oligotróf és mezotróf fajokkal.

A fajgazdag „vadvirágos” gyepek társadalmi igényeket elégít ki. Ilyen gyepek már nem telepíthető könnyen oldható P-tartalommal jól ellátott területeken. Hacsak a felső 20 cm talajréteget ki nem cseréljük. A „vadvirágos” fajgazdag rét vagy gyepek telepítésénél kizárólag tényezők a nagy szervesanyag-tartalom, a bőséges szervesstrágya vagy NP-műtrágya alkalmazása, pillangósok vagy a környezet nagy légköri N-terhelése. A K-műtrágya a K-ban szegény homoki gyepeken válthat ki hasonló módosulásokat a faji összetételben hazai és nemzetközi utalások szerint (*Barcsák 1999, 2004; Geisler 1988; Nagy 2003; Schüpbach 1990; Vinczeff 1998, 1999*).

A tartamhatásokat figyelembe véve, talán a legkisebb befektetéssel, a műtrágyákkal befolyásolhatjuk gyökeresen a gyepek összetételét. *McLeod (1965)* tenyészedény kísérletben vizsgálta az egyes NxK műtrágya-kombinációk hatását a herefüves keverék összetételére. Az egyes növényfajok tiszta és kevert állományában kapott termésének hányadosát „versengési indexnek” tekintette. A K főként a K-igényes pillangós lucerna tömegét növelte. Itthon *Bánszky (1991)* karbonátos csernozjomon beállított szabadföldi kísérletében, a pillangósokban gazdag gyepek keverék műtrágyázott kezeléseiben a pillangósok aránya 32%-ról 10%-ra csökkent a N-bőség nyomán a 3 év alatt. *Szemán (2002)* szabadföldi kísérletében a 22% borítást képviselő pillangósok a kísérlet 4. évére kipusztultak a N-trágyázással.

Eredmények

A felvételezésekre az 1. kaszálás idején került sor. Az elvetett fűfajok átlagos borítottságát évenként és parcellánként becsültük meg, a %-os borítottság adatait statisztikailag értékeltük. Az 1. táblázatban egy áttekintést adunk a gyepalkotó fűfajok borítottsági %-ainak alakulásáról az évek függvényében és a kísérlet főátlagainak tükrében. A továbbiakban megkíséreljük röviden bemutatni a botanikai összetétel változásait az idő függvényében, gyepalkotó komponensenként. A fajokat Gruber (1960), Szabó (1977), Szemán (2007) és Vinczeff (1998) nyomán jellemezzük.

1. táblázat Az elvetett fűfajok átlagos borítottságának évenkénti alakulása az 1. kaszálások idején

| Fűmagkomponensek megnevezése (1) | Mag % (2) | Átlagos borítottság %-a a kísérletben (3) | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| 1. Réti csekesz (4) | 25 | 25 | 27 | 20 | 15 | 8 | 2 | 1 | - | - |
| 2. Nádképi csekesz (5) | 21 | 21 | 22 | 23 | 27 | 29 | 35 | 34 | 32 | 26 |
| 3. Angol perje (6) | 21 | 21 | 24 | 20 | 11 | 2 | - | - | - | - |
| 4. Taréjos búzafű (7) | 9 | 9 | 10 | 11 | 13 | 14 | 10 | 12 | 13 | 14 |
| 5. Vörös csekesz (8) | 6 | 6 | 7 | 6 | 5 | 3 | - | 2 | - | - |
| 6. Réti komócsin (9) | 6 | 6 | 3 | 2 | <1 | <1 | <1 | - | - | - |
| 7. Zöld pántlikafű (10) | 6 | <1 | <1 | <1 | 1 | 1 | 1 | 1 | <1 | <1 |
| 8. Csomós ebír (11) | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 5 | 6 | 3 |
| Gyomok (12) | - | 2 | <1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 5 | 7 | 6 |
| Magyar rozsnok (13) | - | <1 | <1 | 3 | 5 | 7 | 10 | 14 | 16 | 14 |
| Összes borítás (14) | | 96 | 99 | 93 | 89 | 76 | 75 | 74 | 75 | 64 |

Visszaszorult az 1. évben: zöld pántlikafű, 3. évben: réti komócsin, 5. évben: angolperje, 6. évben: réti és vörös csekesz, 9. évben: csomós ebír. Előretört a nádképi csekesz, taréjos búzafű és a betelepülő magyar rozsnok.

Table 5. The average yearly cover of sown grass species at the 1st cuts. Grass components (1), Ratio of the component (2), Average cover, % (3), Meadow fescue (4), Tall fescue (5), Perennial ryegrass (6), Crested wheatgrass (7), Red fescue (8), Timothy (9), Reed canarygrass (10), Cocksfoot (11), Weeds (12), Smooth brome (13), Total coverage (14)

Thinned away: reed canarygrass in the 1st year, timothy in the 2nd year, perennial ryegrass in the 5th year, meadow and red fescue in the 6th year, cocksfoot in the 9th year. Increase species: tall fescue, crested wheatgrass and the immigrant smooth brome.

Réti csekesz. (*Festuca pratensis* Huds.) Vetéskori 25% maggal és 18% növényarányával vezérnövényként szerepelt 2000 szeptemberében. Bokros szálfű erőteljes gyökérszettel. Közepes vízigényű (mezophil), szárazságtűrő, de az árnyékot és a tartós aszályt nem igazán bírja. Hosszú életű, Gruber (1960) szerint 5-12 évig is fennmaradhat. Viszonylag trágyaigényes. Kísérletünk első 2 évében borítottsága 25-27% körül alakul, a vetett mag %-ának megfelelően. A 3. év után visszaszorul és a 6. évtől részaránya elenyésző a gyepben.

Nádképi csekesz. (*Festuca arundinacea* Schreb.) A vetéskori 21% maggal 12% növényarányt képviselt 2000 szeptemberében. Bokros szálfű, zsombékszerű sűrű bokrokkal. Üde, nyirkos talajon, réteken gyakori, de megfelelő tápanyag ellátás mellett jó a szárazságtűrőse. Száraz fekvésű húsmarhalegelőkön az augusztusi kisülési időszakban is legeltethető gyepet biztosít. Tápanyagellátás

nélkül gyenge termőképességű és kiveszik a száraz fekvésű, extenzív gazdasági gyepekből. Korán és jól sarjad, de kevés fajjal társul. Trágyaigényességéről nem közölnek adatokat. A réti csenkeszhez hasonlóan hosszú életű. Kísérletünkben folyamatosan előretört, részaránya nőtt az első 6-8 év folyamán. A 9. évben a borítási % visszaesik, de még mindig meghaladja a vetett mag %-os arányát.

Angolperje. (*Lolium perenne* L.) Vetéskor maggal 21%-ot és növényarány szerint 13%-ot képviselt a keverékben. Bokros aljfű közepes vízigénnyel. Az aszályt azonban nem tűri. Sarjadása gyors. Viszonylag trágyaigényes. Hazai viszonyok között 4-8 évig kitart, de a kedvezően enyhe és nedves éghajlaton, enyhén savanyú talajon (Angliában) akár 20-25 évig is díszlik. Legeltetés és taposás igényes, a legelőben hosszú életű gyepalkotó, de kaszálógyepekben a 3. év után kiritkul és eltűnik a növényállományból. Kísérletünkben 3 éven át átlagos borítási arányos volt a vetett mag mennyiségével, majd a 4. évben borítása felére csökkent. Az 5., illetve a 6. évre gyakorlatilag kipusztult.

Taréjos búzafű. (*Agropyron pectinatum* (M.B.) R. et Sch.) Vetéskor 6% növényarányt képviselt a keverékben. Lazabokrú aljfű, nagytömegű gyökérrel, melyek 2 m-ig lehatolhatnak. Ideális számára a homokos vályogtalaj, ahol 10-15 évig is kitart. Szárazságtűrő és hatékony vízhasznosító. Míg pl. Gruber (1960) szerint a lucerna mintegy 800, a magyar rozsnok 600, a taréjos búzafű 400 liter vizet használ 1 kg szárazanyag képzéséhez. Trágyaigényéről nem közölnek adatokat. Kísérletünkben ez a faj némileg előretört és a 9. évben is mintegy 50%-kal meghaladja a vetéskori borítottságát.

Vörös csenkesz. (*Festuca rubra* L.) A vetőmag keverékben 6%-ot képviselt 8% növényaránnal. Tarackos aljfű. Savanyú talajon, hegyi réteken 7-8-évig él. Szárazság tűrő, mészkerülő és N-kedvelő. Kísérleti viszonyaink között a vörös csenkesz 4 éven át tartotta vetéskori pozícióját. Az 5. évet követően már csak nyomokban fordul elő, illetve 2007 után a szálfüvek előre törésének következtében kipusztult.

Réti komócsin. (*Phleum pratense* L.) A vetőmag keverékben 6%-ot képviselt, de 19% telepítési arányt adhatott volna a növényborításban. Bokros szálfü. Főként üde réti talajon díszlik. Kísérletünkben borítottsága már a 2. évben mérséklődött, míg a 3. év után kipusztult. Kiritkulását, illetve korai pusztulását a 2003. évi aszály is gyorsíthatta. Trágyaigényességéről nem közöltek adatokat az említett hazai kézikönyvek, illetve szerzők.

Zöld pántlikafű. (*Phalaroides arundinacea* L.) Az elvetett vetőmagban 6%-ot növényarány szerint pedig 15%-ot képviselt. Tarackos szálfü. Termőhelyét tekintve nyirkos talajon fejlődik igazán és ott társulás alkotó. Kifejezetten N-igényes és vízigényes. Megfelelő tápanyag ellátás mellett jól tűri a szárazságot ezért száraz fekvésű húsmarhalegelőnek tiszta fajú vetéssel telepítik. Őszi telepítésben fagyérzékeny. Kísérletünkben már az 1. évtől csak nyomokban volt kimutatható, tehát nem volt képes igazán megtelepedni.

Csomós ebír. (*Dactylis glomerata* L.) A vetőmag keverékben 6%-ot képviselt 9%-ot jelentő növényaránnal 2000 őszén. Lazabokrú szálfü kb. 1 m-ig lehatoló gyökérszettel. Előregedve zsombékos gypet ad, borítása csökken. Szárazabb területre való. Jól tűri a hosszú szárazságot és az árnyékolást is. A N-trágyázást különösen meghálálja. Tiszta vetésben Bánszky (1991) a termését megsokszorozta műtrágyákkal. Kísérletünkben 8 éven át tartotta vetéskori pozícióját, sőt 2006-ban

borítása 15%-ra ugrott. Az utolsó felvétel idején 2009-ben azonban már 3%-ra szorult vissza.

Magyar/Árva rozsnok. (*Bromus inermis* Leyss.) A vetőmag keverékben nem szerepelt. Betelepült faj. Tarackos szálfű. Kiválóan társul, ajánlott száraz legelőkre és extrém körülmények közé. Mészkedvelő, 10-12 évig fennmaradhat. Gyökérzete 2 m-ig is lehatol. Trágyaigényesnek tekintett faj. Betelepülésének, terjedésének folyamata jól nyomon követhető. A kísérlet 8-9. éveiben már 14-16%-os borítást mutat.

Az 1. táblázatban közölt eredményekből az is kiolvasható, hogy a gyep öregedésével az átlagos borítottság az első években becsült 96-99%-ról 64%-ra esett vissza a 9. évre. A gyomosodás viszont az 1-2%-ról 6%-ra emelkedett a kísérlet átlagában. A gyomok főként az erős NP-hiányos kezelésben szaporodtak el, ahol a gyep kiritkult. Másrészt az erős NP-túlsúly nyomán, ahol a gyep foltosan szintén ritkul, zsombékosodik. A 9. évre 3 faj a meghatározó komponens a gyeppen: nádképű csenkesz, taréjos búzafű és a betelepült rozsnok. Tehát a 2 bokros és a betelepült tarackos szálfű. Ezt követi a gyom és még említésre méltó a csomós ebír.

Most lássuk, hogyan hat a trágyázás az egyes fajokra, azok mely talajon versenyképesek, mennyiben trágyaigényesek. A K-trágyázás hatása elhanyagolható volt ezen a K-mal közepesen ellátott homokos vályogtalajon. Eredményeinket ezért kétirányú táblázatokban és évenként az NxP ellátottsági szintek függvényében közöljük 2007., 2008., 2009. években, illetve a 2., 3. és 4. táblázatokban.

2007. május 18-án az 1. kaszálás idején uralkodó faj a nádképű csenkesz. A borítása 10-60% között változik az NP-ellátottsági szinteken. A 60% körüli maximális borítást a 100 kg/ha/év N-adagnál mutatja, tehát mérsékelten N-igényes. A növekvő P-ellátás önmagában nem módosítja a borítást. Tehát nem P-igényes, de N-hiányában a talaj extrémén nagy oldható P-tartalma sem okoz igazolható depressziót. Az együttes NP-túlsúly tápláltsági szituációban viszont rendkívüli módon visszaszorul, az NP-túlsúlyt nehezen viseli el (2. táblázat).

A magyar rozsnok borítása 7-24% tartományban módosul az NxP kölcsönhatások eredőjeként. Önmagában sem a növekvő N, sem a növekvő P kínálata nem okoz a kontrollhoz viszonyítva igazolható változást. Az extrém NP-túlkínálaton maximális a jelenléte. Tehát rendkívül trágyaigényes, de együtt igényli a két meghatározó tápelem bőségét. Ez szemmel láthatóan elmondható a taréjos búzafűre is, ahol a faj borítása még extrémebb módon, 0-32% között módosul az NxP kölcsönhatások nyomán. Azzal a különbséggel, hogy a taréjos búzafű N-igényessége már a P-ral gyengén ellátott talajon is kifejezetté vált, hiszen a 0%-ról 15%-ra emelkedett (2. táblázat).

2. táblázat Az N x P ellátottsági szintek hatása a gyepterminológiai összetételére 2007. 05.18-án. Borítottsági % a K-kezelések átlagában. Dr. Szemán László felvételezése

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---|-----------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Nádképű csenkesz, % (5) | | | | | | |
| 87 | 34 | 60 | 42 | 32 | 8 | 42 |
| 214 | 29 | 62 | 21 | 17 | | 32 |
| 444 | 33 | 59 | 19 | 10 | | 30 |
| 704 | 29 | 61 | 17 | 10 | | 29 |
| Átlag (4) | 31 | 61 | 25 | 17 | 4 | 34 |
| Magyar rozsnok, % (6) | | | | | | |
| 87 | 7 | 8 | 7 | 9 | 6 | 8 |
| 214 | 11 | 10 | 21 | 20 | | 16 |
| 444 | 9 | 14 | 23 | 21 | | 17 |
| 704 | 11 | 9 | 23 | 24 | | 17 |
| Átlag (4) | 9 | 10 | 18 | 19 | 3 | 14 |
| Taréjos búzafű, % (7) | | | | | | |
| 87 | 0 | 2 | 14 | 15 | 6 | 8 |
| 214 | <1 | 4 | 22 | 24 | | 13 |
| 444 | 0 | 3 | 26 | 24 | | 13 |
| 704 | 0 | 4 | 29 | 32 | | 16 |
| Átlag (4) | <1 | 3 | 22 | 24 | 3 | 12 |
| Csomós ebír, % (8) | | | | | | |
| Átlag (4) | <1 | 8 | 6 | 6 | 3 | 5 |
| Vörös csenkesz, % (9) | | | | | | |
| Átlag (4) | 6 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 |
| Összes borítottság, % (gyepfajok + gyom) (10) | | | | | | |
| 87 | 52 | 78 | 73 | 71 | 6 | 69 |
| 214 | 53 | 90 | 78 | 74 | | 74 |
| 444 | 55 | 88 | 78 | 70 | | 73 |
| 704 | 52 | 88 | 81 | 79 | | 75 |
| Átlag (4) | 53 | 86 | 77 | 74 | 3 | 73 |

Megjegyzés: AL-P₂O₅ tartalmak a feltalajban 2005-ben mérve. A gyomborítás 5%, a Zöld pántlikafű 1% átlagosan.

Table 6. Effect of NxP supply levels on the botanical composition of grass on 18 May 2007. Coverage % as a mean of K-treatments. Survey made by Dr. László Szemán. Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ mg/kg in the plow-layer (1), N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Tall fescue, % (5), Smooth brome, % (6), Crested wheatgrass, % (7), Cocksfoot, % (8), Red fescue, % (9), Total coverage, % (grass + weeds) (10) Note: Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ mg/kg in the plow-layer was measured in 2005. Cover of weeds: 5%, reed canarygrass: 1% as an average.

3. táblázat. Az N x P ellátottsági szintek hatása a gyepek botanikai összetételére 2008. 05. 19-én. Borítottsági % a K-kezelések átlagában. Dr. Szemán László felvételezése

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---|-----------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Nádképű csenkesz, % (5) | | | | | | |
| 87 | 34 | 60 | 43 | 34 | 6 | 43 |
| 214 | 39 | 61 | 11 | 8 | | 30 |
| 444 | 36 | 53 | 15 | 7 | | 28 |
| 704 | 39 | 60 | 14 | 6 | | 30 |
| Átlag (4) | 37 | 58 | 21 | 14 | 3 | 32 |
| Magyar rozsnok, % (6) | | | | | | |
| 87 | 8 | 10 | 10 | 12 | 6 | 10 |
| 214 | 6 | 15 | 25 | 30 | | 19 |
| 444 | 8 | 16 | 23 | 28 | | 19 |
| 704 | 8 | 12 | 24 | 28 | | 18 |
| Átlag (4) | 8 | 13 | 20 | 25 | 3 | 16 |
| Taréjos búzafű, % (7) | | | | | | |
| 87 | 0 | 1 | 16 | 15 | 4 | 8 |
| 214 | 0 | 0 | 28 | 24 | | 13 |
| 444 | 0 | 5 | 27 | 26 | | 14 |
| 704 | 0 | 1 | 29 | 33 | | 16 |
| Átlag (4) | 0 | 2 | 25 | 25 | 2 | 13 |
| Csomós ebír, % (8) | | | | | | |
| Átlag (4) | 1 | 9 | 7 | 8 | 3 | 6 |
| Zöld pántlikafű, % (9) | | | | | | |
| Átlag (4) | 0 | <1 | 1 | 3 | 3 | 1 |
| Összes borítottság, % (gyepfajok + gyom) (10) | | | | | | |
| 87 | 48 | 84 | 84 | 77 | 4 | 73 |
| 214 | 50 | 92 | 81 | 83 | | 77 |
| 444 | 52 | 91 | 81 | 79 | | 76 |
| 704 | 54 | 90 | 80 | 82 | | 77 |
| Átlag (4) | 51 | 89 | 81 | 80 | 2 | 76 |

Megjegyzés: AL-P₂O₅ tartalmak a feltalajban 2005-ben mérve. A gyomborítás 7% átl.

Table 7. Effect of NxP supply levels on the botanical composition of grass on 19 May 2008. Coverage % as a mean of K-treatments. Survey made by Dr. László Szemán. Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ mg/kg in the plow-layer (1), N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Tall fescue, % (5), Smooth brome, % (6), Crested whestgrass, % (7), Cocksfoot, % (8), Reed canarygrass, % (9), Total coverage, % (grass + weeds) (10) Note: Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ mg/kg in the plow-layer was measured in 2005. Cover of weeds: 7% as an average.

A csomós ebír és a vörös csenkesz borítottságát a P-kínálat igazolhatóan nem befolyásolta, ezért a P-kezelések átlagában közöljük a N-hatásokat. E két faj tehát nem bizonyult P-igényesnek. A csomós ebír mérsékelt N-reakciót mutatott 100 kg/ha/év körüli optimummal, de a N túlsúlyával sem mérséklődik igazolhatóan a borítottság. A vörös csenkesz viszont már a 100 kg/ha/év N-adagú kezelésekben kipusztult. Úgy tűnik igénytelen faj e tekintetben, mert trágyaigényét a 34 éve trágyázásban nem részesült NP-kontroll talajon is fedezni tudta.

4. táblázat Az N x P ellátottsági szintek hatása a gyepterminológiai összetételére 2009. 05. 19-én. Borítottsági % a K-kezelések átlagában. Dr. Szemán László felvételezése

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg (1) | N-trágyázás, N kg/ha/év (2) | | | | SzD _{5%} (3) | Átlag (4) |
|---|-----------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Nádképű csenkesz, % (5) | | | | | | |
| 87 | 43 | 49 | 20 | 16 | | 32 |
| 214 | 44 | 45 | 6 | 3 | 6 | 24 |
| 444 | 46 | 46 | 5 | 4 | | 25 |
| 704 | 46 | 44 | 6 | 2 | | 24 |
| Átlag | 45 | 46 | 9 | 6 | 3 | 26 |
| Taréjos búzafű, % (6) | | | | | | |
| 87 | 0 | 1 | 21 | 19 | | 10 |
| 214 | 0 | 4 | 30 | 25 | 6 | 15 |
| 444 | 0 | 3 | 28 | 26 | | 14 |
| 704 | 0 | 6 | 35 | 31 | | 18 |
| Átlag | 0 | 3 | 28 | 26 | 3 | 14 |
| Magyar rozsnok, % (7) | | | | | | |
| 87 | 9 | 12 | 9 | 12 | | 11 |
| 214 | 12 | 19 | 18 | 18 | 6 | 16 |
| 444 | 12 | 16 | 14 | 16 | | 14 |
| 704 | 11 | 16 | 16 | 14 | | 14 |
| Átlag | 11 | 16 | 14 | 15 | 3 | 14 |
| Csomós ebír, % (8) | | | | | | |
| Átlag | 1 | 5 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| Gyomok, % (9) | | | | | | |
| Átlag | 8 | 6 | 5 | 6 | 2 | 6 |
| Összes borítottság, % (gyepfajok + gyom) (10) | | | | | | |
| 87 | 63 | 70 | 62 | 59 | | 64 |
| 214 | 65 | 79 | 61 | 56 | 8 | 65 |
| 444 | 69 | 76 | 55 | 53 | | 63 |
| 704 | 66 | 79 | 63 | 55 | | 66 |
| Átlag | 66 | 76 | 60 | 56 | 4 | 64 |

Megjegyzés: AL-P₂O₅ tartalmak a feltalajban 2005-ben mérve.

Table 8. Effect of NxP supply levels on the botanical composition of grass on 19 May 2009. Coverage % as a mean of K-treatments. Survey made by Dr. László Szemán. Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ mg/kg in the plow-layer (1), N kg/ha/yr (2), LSD_{5%} (3), Mean (4), Tall fescue, % (5), Crested wheatgrass % (6), Smooth brome, % (7), Cocksfoot, % (8), Weeds, % (9), Total coverage, % (grass + weeds) (10). Note: Ammoniumlactate-soluble P₂O₅ mg/kg in the in the plow-layer was measured in 2005.

Az összes borítottság 73%-ot tett ki ebben az évben. A gyomok ebből 5, a zöld pántlikafű 1%-ot képviselt átlagosan. A N-hiányos parcellákon 53%, az N 100 kg/ha/év kezeléseknél 86% borítást mértünk. A N-túlsúllyal a borítottság az optimálshoz képest 12%-kal, 74%-ra esett vissza. Maximális összes borítás a mérsékelt N₁P₁ szinten jelentkezett 90%-kal (2. táblázat).

Gyomnövény a parcellák több mint felén fordult elő, nagyobb tömegben a N-kontroll és a N-nel gazdagon ellátott kezelésekben. Az egyes parcellákon 0-10% összes gyomborítás volt megfigyelhető, ami az egész kísérletben átlagosan 4,7% borítottságot eredményezett. Jellemző fajok a vadrezeda, apró szulák, mezei acat, kanadai betyárkóró, pásztortáska és tarackbúza. Az alacsony N szintű kezelések hatására a korábbi évekhez képest egyre több pillangós települt be: egyes parcellákon a komlós lucerna és a lednek 10% borítási is elért, de csüdfű, fehérhere és kaszanyűg bükköny is jelen volt.

Hasonló kép tárul elénk a 3. táblázatban közölt 2008. évi felvételezés kapcsán. Azzal a különbséggel, hogy az utóbbi évben a vörös csenkesz már egyáltalán nem volt azonosítható, míg a zöld pántlikafű 3%-os borítást produkált a maximális N-adaggal. Viszont nem fordult elő a N-kontroll parcellákon. Az előző évek viszonylag gyommentes 100 kg/ha/év N kezelése is egyre gyomosabbak. A N kontroll parcellákra továbbra is elsősorban a pillangós fajok betelepülése jellemző. A gyomfajok az előző évihez hasonlóak voltak.

2009-ben a nádképű csenkesz sem érdemi N, sem érdemi P hatásokat nem jelez, az NP-túlsúlyos parcellákon borítása 2%-ra süllyed, csaknem kipusztul. A taréjos búzafű versenyképessége továbbra is az NP-túltrágyázott talajon kiemelkedő az előző években megfigyeltékhez hasonlóan. A magyar rozsnok borítási maximuma a mérsékelt N₁P₁ kezeléskombinációhoz kötődik, a bőségebb NP-trágyázás már nem növelte részarányát. A csomós ebír átlagosan 3%-ot képviselt a gyeppen, emelkedettebb borítás az N₁ szinten azonosítható. A gyomok 6%-os részarányt mutattak a kezelésektől lényegében függetlenül. A N-kontroll parcellákon a pillangósok tovább terjeszkedtek, borításuk nem ritkán elérte a 15%-ot, sőt az egyik parcella felét beborította a bükköny. Az összes növényi borítás maximumát az N₁P₁ szint jelenti, mind a N-hiány, mind a N-túlsúly nyomán a borítottság igazolhatóan visszaesik (4. táblázat).

Összefoglalás

- A zöld pántlikafű már ki sem kelt, az 1. évben sem tudott elszaporodni. A 3. évben a réti komócsin, 5. évben az angol perje, 6. évben a réti csenkesz és a vörös csenkesz pusztult ki. A csomós ebír borítása az 1. évben becsült 6%-ról a 6. évre 15%-ra emelkedett, majd a 9. évre 3%-ra süllyedt. Előretört az évek során a nádképű csenkesz (26-32%), a taréjos búzafű (14%) és a betelepült magyar rozsnok (14%). A gyomok borítása a kezdeti 1-2%-ról 6-7%-ra nőtt a ritkuló, öregedő gyeppen. Az összes növényborítottság az első években mért 96-99%-ról a 9. évben 64%-ra csökkent.

- A botanikai összetételt drasztikusan módosította az NxP ellátottság. A nádképű csenkesz pl. 2008-ban az N₀P₀ kontrollon 34%, N₁P₁ kezelésben 61%, míg az N₃P₃ kezelésben 6% borítást mutatott közepes trágyaigénnyel. Extrém NP-bőséget igényelt ezzel szemben a magyar rozsnok, melynek borítása az NP-kontrollon talált 8%-ról az N₃P₃ kezelésben 28%-ra nőtt. Hasonlóképpen a taréjos búzafű 0%-ban fordult elő az NP-hiányos, illetve 33%-ban az N₃P₃ kezelésben. Az összes növényborítás 2008-ban (fű+gyom fajok) az NP-kontroll talajon 48%-ot, az N₁P₁

kezelésben 92%-ot, az NP-túlsúlyos talajon 82%-ot tett ki. Az átlagos borítás 76%-nak adódott.

- A kölcsönhatások évenként eltérhetnek, de irányuk egybecseng, hasonló. Így pl. 2009-ben az összes borítás az NP-kontroll talajon 63%, az N_1P_1 kezelésben 79%, míg az NP-túlsúlyos talajon 55% volt. Az átlagos borítottság 64%-nak adódott. A K-trágyázás érdemben nem befolyásolta a gyep botanikai összetételét (ahogyan a szénahozamokat sem) ezen a K-mal közepesen ellátott vályogtalajon

Szemán L., Kádár L., Ragályi P. (2010): Effect of fertilisation on the botanical composition of an established all-grass sward (Summary)

- Reed canarygrass germinated in the 1st year so poorly that it could not establish. In the 3rd year timothy, in the 5th perennial ryegrass, in the 6th meadow fescue and red fescue thinned away. Coverage of cocksfoot increased from about 6% in the first year to 15% by the 6th year, but by the 9th year it decreased to 3%. Tall fescue (26-32%), Crested wheatgrass (14%) and the immigrant smooth brome grass (14%) invaded through the years. Weed cover grew from the 1-2% to 6-7% in the thinning and aging grass. The total coverage decreased from 96-99% of the 1st year to 64% of the 9th year.

- The botanical composition was drastically modified by the $N \times P$ supply. Tall fescue cover was for example 34% in 2008 at the N_0P_0 control, 61% at the N_1P_1 treatment, while 6% at the N_3P_3 treatment, so it had moderated N and P demand. At the same time smooth brome needed extreme NP supply, rising the 8% cover at the NP-control to 28% at the N_3P_3 treatment. Similarly the agropyron covered 0% of the NP-deficient, but 33% of the N_3P_3 treatment. Total coverage in 2008 (grasses + weeds) at the NP-control soil reached 48%, at N_1P_1 treatment 92%, at the NP-oversupplied soil 82%. The average cover was 76%.

- The interactions were different in each year, but their trend was similar. Thus for example in 2009 the total coverage at the NP control soil was 63%, at the N_1P_1 treatment 79%, while at NP-overloaded soil 55%. The average cover was 64%. Potassium fertilization did not affect significantly the botanical composition of the grass (neither the hay yields) at this site, which was moderately supplied with K.

11. Műtrágyahatások vizsgálata a 10. éves gyepen 2010-ben

Eredmények

A vizsgált 2010. év kimondottan csapadékban gazdag volt. Az éves csapadékösszeg 861 mm-t tett ki, a telepen mért 536 mm 50 éves átlagot 61%-kal haladta meg. Januárban 35, februárban 57, márciusban 12, áprilisban 56, májusban 130, júniusban 139, júliusban 44, augusztusban 132, szeptemberben 115 mm eső esett. Az 1. kaszálás június 7-én történt, az állomány a júniusi csapadékból ez idáig 29 mm-rel részesült. A gyeptehát 2010-ben az 1. kaszálás idejéig 319 mm esőt kapott. Ezen túlmenően hasznosította az előző év őszi-téli csapadékát is, mely 191 mm-t tett ki még a 2009. évi 2. kaszálás után. Összességében tehát 510 mm vízkészlettel rendelkezhetett, amennyiben az előző év őszi-téli csapadéka is a talaj vízkészletét gazdagította. Megemlítjük, hogy az 1. kaszálást követően júniusban, júliusban, augusztusban és szeptemberben összesen még 401 mm csapadékban részesült a terület. Ennek ellenére 2. kaszálásra nem került sor. Az előregeredő gyept nem fejlesztett betakarításra érdemes hajtástömeget, sarjút szeptember végére, a 2. kaszálás idejére.

A botanikai felvételezést május 20-án végeztük. A fűfajok átlagos borítottságát parcellánként becsültük meg, a %-os borítottság adatait statisztikailag értékeltük. Amint az *1. táblázatban* látható, a botanikai összetételt az N x P trágyázás drasztikusan módosította. A taréjos búzafű a N-nel és P-ral egyaránt bőségesen ellátott kezelésekben 37% borítottságot ért el, míg N nélküli parcellákban meg sem jelenik. Vetéskor 6% növényarányt képviselt a keverékben. A magyar rozsnak a vetőmag keverékben nem szerepelt. Betelepült faj. Trágyaigényes. A kísérlet 10. évében már 20% feletti borítást jelez a jó NP-ellátottságon, de az átlagos borítottsága is 15%-ot ér el.

A nádképű csekesz 12% növényarányt képviselt 2000 szeptemberében. Kitűnik közepes N-igényével. A 100 kg/ha/év N-adagú kezelésekben 27%-os borítottsággal szerepel. A N-hiányos és a N-túlsúlyos parcellákban a borítása 8-10%-ra esik vissza. A madárhúr az előző években nem fordult elő érdemben. A közepes N-ellátottságú kezelésekben 16%-ot ért el a borítása, míg a N és P túlsúlyos talajon nem fejlődött. Jelentős arányt, átlagosan 13%-ot képvisel a P-kontroll parcellákon. Megjelent még a pásztortáska átlagosan 4%-kal, illetve az apró szulák 2%-kal. Az átlagfeletti borítást mindkét gyomfaj a NP trágyázott talajon mutatta (*1. táblázat*).

A N-hiányos kezelésben betelepült pillangósok borítása a 16%-ot is meghaladta. A komlós lucerna közel 10, a kaszanyűg bükköny 5, a tarka koronafűrt 2% borítottságot képviselt 2010-ben. A N-nel kezelt parcellákon a pillangósok borítása 0% körül maradt. A N-kontroll talajon a gyepek jórészt kipusztultak, a gyomok borítása (pillangós és nem pillangós) viszont 32%-ot ért el. A N-trágyázás nyomán a gyomborítás 16%-ára esett, míg gyept+gyom együttes borítása a N-kontroll talajon becsült 45%-ról 82%-ra emelkedett. Ezzel párhuzamosan a gyeptfajok átlagos száma is igazolhatóan nőtt, míg a gyomfajszám némileg visszaszorult a PK kezelések átlagában. A P és K javuló ellátottság

átlagosan szintén 4-4% összes borításnövekedést eredményezett, így a maximális összes fedettség a bőséges NPK trágyázással elérte a 90%-ot (2. táblázat).

1. táblázat Az N x P ellátás hatása a gyep botanikai összetételére 2010. 05. 20-án. Borítottsági % a K-kezelések átlagában

| Dőrtöltés 1 % a K-kezelések átlagában | | | | | | |
|---|-------------------------|-----|-----|-----|-------------------|-------|
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Taréjos búzafű | | | | | | |
| 82 | 0 | 4 | 16 | 22 | 6 | 10 |
| 201 | 0 | 6 | 28 | 29 | | 16 |
| 374 | 0 | 6 | 32 | 31 | | 17 |
| 600 | 0 | 10 | 37 | 37 | | 21 |
| Átlag | 0 | 6 | 28 | 30 | 3 | 16 |
| Magyar rozsnok | | | | | | |
| 82 | 3 | 9 | 11 | 14 | 8 | 9 |
| 201 | 4 | 7 | 27 | 28 | | 16 |
| 374 | 6 | 13 | 20 | 27 | | 16 |
| 600 | 4 | 15 | 21 | 28 | | 17 |
| Átlag | 4 | 11 | 20 | 24 | 4 | 15 |
| Nádképű csenkesz | | | | | | |
| 82 | 8 | 32 | 18 | 18 | 8 | 19 |
| 201 | 6 | 20 | 7 | 6 | | 10 |
| 374 | 11 | 27 | 8 | 6 | | 13 |
| 600 | 7 | 29 | 9 | 3 | | 12 |
| Átlag | 8 | 27 | 10 | 8 | 4 | 13 |
| Madárhúr | | | | | | |
| 82 | 15 | 17 | 12 | 10 | 8 | 13 |
| 201 | 5 | 21 | 4 | 0 | | 7 |
| 374 | 3 | 15 | 1 | 1 | | 5 |
| 600 | 9 | 11 | 0 | 0 | | 5 |
| Átlag | 8 | 16 | 4 | 3 | 4 | 8 |
| Pásztortáska | | | | | | |
| 82 | 0 | 0 | 1 | 0 | 6 | 0 |
| 201 | 0 | 6 | 8 | 6 | | 5 |
| 374 | 0 | 11 | 9 | 6 | | 7 |
| 600 | 0 | 4 | 7 | 11 | | 5 |
| Átlag | 0 | 5 | 6 | 6 | 3 | 4 |
| Aprószulák | | | | | | |
| 82 | 2 | 2 | 5 | 6 | 4 | 4 |
| 201 | 1 | 0 | 1 | 2 | | 1 |
| 374 | 0 | 0 | 4 | 4 | | 2 |
| 600 | 0 | 0 | 2 | 1 | | 1 |
| Átlag | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 |

2. táblázat N-ellátottság hatása a 10. éves gyepterminológiai összetételére, 2010. 05. 20.

| Vizsgált jellemzők | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|-----------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Gyepfajok borítása, % | | | | | | |
| Taréjos búzafű | 0 | 6 | 28 | 30 | 3 | 16 |
| Magyar rozsnok | 4 | 11 | 20 | 24 | 4 | 15 |
| Nádképű csenkesz | 8 | 27 | 10 | 8 | 4 | 13 |
| Csomós ebír | 1 | 3 | 4 | 3 | 1 | 3 |
| Zöld pántlikafű | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 1,1 | 0,6 | 0,4 |
| Gyep összesen | 13 | 48 | 62 | 66 | 5 | 47 |
| Gyomfajok borítása, % | | | | | | |
| Madárhúr | 8 | 16 | 4 | 3 | 4 | 8 |
| Páztortáska | 0 | 5 | 6 | 6 | 3 | 4 |
| Komlós lucerna | 10 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 |
| Kaszanyűg bükköny | 5 | 0 | 0 | 0 | 4 | 1 |
| Tarka koronafűrt | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Vadrezeda | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Egyéb gyomok | 5 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 |
| Ebből össz. pillangós | 16 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| Gyom összesen | 32 | 26 | 18 | 16 | 6 | 23 |
| Gyom+gyep | 45 | 74 | 80 | 82 | 5 | 70 |
| Gyepfaj | 2,2 | 3,4 | 3,9 | 4,1 | 0,3 | 3,4 |
| Gyomfaj | 2,6 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 0,4 | 2,3 |

Megjegyzés: A P és a K javuló ellátottsága átlagosan 4-4%-os összes (gyep+gyom) borításnövelést eredményezett. A maximális összes fedettség a PK-val is jól ellátott parcellákon elérte a 90%-ot.

A N-hiányos kezelésben betelepült pillangósok borítása a 16%-ot is meghaladta. A komló lucerna közel 10, a kaszanyűg bükköny 5, a tarka koronafű 2% borítottságot képviselt 2010-ben. A N-nel kezelt parcellákon a pillangósok borítása 0% körül maradt. A N-kontroll talajon a gyepek jórészt kipusztultak, a gyomok borítása (pillangós és nem pillangós) viszont 32%-ot ért el. A N-trágyázás nyomán a gyomborítás 16%-ára esett, míg gyep+gyom együttes borítása a N-kontroll talajon becsült 45%-ról 82%-ra emelkedett. Ezzel párhuzamosan a gyepfajok átlagos száma is igazolhatóan nőtt, míg a gyomfajszám némileg visszaszorult a PK kezelések átlagában. A P és K javuló ellátottság átlagosan szintén 4-4% összes borításnövekedést eredményezett, így a maximális összes fedettség a bőséges NPK trágyázással elérte a 90%-ot (2. táblázat).

Az 1. kaszálás előtt, június 7-én végzett állománybonitálásunk szerint a N-hiányos talajon a gyepek kicsi, ritka és sárga maradt a P-ellátottságtól függetlenül. A N-nel jól ellátott parcellákon magas, sűrű és sötétzöld fűtömeg képződött. Az átlagos növénymagasság az NP-kontroll talajon 7 cm-t, a jó NP-ellátottnál 80-90 cm-t ért el. A fű légszárazanyag %-át mind a N, mind a P növelte, amennyiben a nagyságrenddel nagyobb termés a talaj vízkészletét feltehetően jobban kimerítette. A légszáraz szén tömege 0,7 t/ha-ról 7,1 t/ha-ra emelkedett. A K-trágyázás átlagosan 0,7 t/ha szénatöbbletet adott, némileg növelte az átlagos növénymagasságot és mérsékelte 2,6%-kal a légszárazanyag-tartalmat (3. táblázat).

3. táblázat N x P ellátottság hatása a gyepek fejlődésére és termésére a K-kezelések átlagában 2010. június 7-én

| átlagában 2010. június 7-én | | | | | | |
|---|-------------------------|-----|-----|-----|-------------------|-------|
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Bonitálás* | | | | | | |
| 82 | 1,0 | 3,5 | 3,9 | 4,2 | 0,8 | 3,2 |
| 201 | 1,2 | 2,5 | 4,5 | 4,9 | | 3,3 |
| 374 | 1,2 | 3,2 | 4,9 | 5,0 | | 3,6 |
| 600 | 1,2 | 3,6 | 4,9 | 4,9 | | 3,7 |
| Átlag | 1,2 | 3,2 | 4,5 | 4,8 | 0,4 | 3,4 |
| Átlagos növénymagasság, cm | | | | | | |
| 82 | 7 | 41 | 53 | 63 | 14 | 41 |
| 201 | 9 | 46 | 82 | 86 | | 56 |
| 374 | 19 | 62 | 78 | 92 | | 63 |
| 600 | 13 | 73 | 84 | 81 | | 63 |
| Átlag | 12 | 55 | 74 | 81 | 7 | 56 |
| Légszáranyag, % | | | | | | |
| 82 | 36 | 32 | 37 | 37 | 3 | 36 |
| 201 | 36 | 37 | 39 | 40 | | 38 |
| 374 | 34 | 40 | 41 | 40 | | 39 |
| 600 | 38 | 38 | 41 | 40 | | 39 |
| Átlag | 36 | 37 | 40 | 39 | 2 | 38 |
| Légszár széna, t/ha | | | | | | |
| 82 | 0,7 | 2,9 | 4,3 | 5,5 | 1,2 | 3,3 |
| 201 | 1,7 | 3,0 | 6,0 | 6,7 | | 4,4 |
| 374 | 1,2 | 4,5 | 6,5 | 7,3 | | 4,9 |
| 600 | 0,8 | 4,8 | 6,7 | 7,1 | | 4,8 |
| Átlag | 1,1 | 3,8 | 5,9 | 6,6 | 0,6 | 4,4 |

*Bonitálás: 1= kicsi, ritka, sárga; 5= magas, sűrű, sötétzöld állomány

Megjegyzés: K-trágyázás átlagosan 0,7 t/ha szénatöbbletet adott, némileg növelte az állománymagasságot és 2,6%-kal mérsékelte a légszáranyag tartalmát.

A N-trágyázással nőtt a széna N, Mn és Cu koncentrációja. A korábbi években megfigyeltekhez hasonlóan a mérsékelt 100 kg/ha/év N-adag nyomán a széna Na-tartalma nagyságrenddel emelkedett, majd a további N-adagolással visszaesett. A N-kínálat javulásával viszont hígulás lépett fel a K, Ca, P, Mg, Sr, B, Mo elemekben. A P-kínálattal nőtt a P, S és Sr koncentrációja. A szuperfoszfát műtrágya összetételéből eredően foszfor, kén és a stroncium elemeknek is forrása. Mérséklődött ugyanakkor a Na, Zn és a Mo beépülése a növényi szövetekbe, érvényesült a P-Zn, P-Mo antagonizmus. A K-trágyázás eredményeképpen a K %-a emelkedett, míg a kationantagonizmus jelensége a Mg és Na felvételének gátlásához vezetett (4. táblázat).

Az N x P elemek közötti kölcsönhatások eredményeképpen a P 0,12-0,31%; Na 25-1302 mg/kg; Sr 9-20 mg/kg; Mo 0,4-1,8 mg/kg koncentráció tartományban változott. A P és a Sr esetében tehát több mint 2-szeres, a Sr esetén 3-szoros, a Mo esetén 4,5-szeres, míg a Na esetében 52-szeres módosulás történt. Takarmányozási szempontból ez azt is jelenti, hogy ugyanazon a talajon vagy termőhelyen a

műtrágyázás függvényében képződhet kifejezetten Na-hiányos vagy Mo-hiányos széna. Az N x K ellátottság függvényében pedig a takarmány K-tartalma ingadozhat széles tartományban (5. táblázat).

4. táblázat. NPK ellátottság hatása a gyepszéna összetételére 2010. 06.07-én

| Elem jele | Mértékegység | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|-----------|--------------|--|------|------|------|-------------------|-------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| N | % | 1,22 | 1,29 | 1,66 | 1,79 | 0,20 | 1,49 |
| K | % | 1,72 | 1,26 | 1,05 | 1,09 | 0,11 | 1,28 |
| Ca | % | 0,48 | 0,42 | 0,38 | 0,38 | 0,06 | 0,42 |
| P | % | 0,29 | 0,17 | 0,16 | 0,16 | 0,02 | 0,19 |
| S | % | 0,16 | 0,13 | 0,15 | 0,15 | 0,02 | 0,15 |
| Mg | % | 0,14 | 0,14 | 0,11 | 0,11 | 0,02 | 0,12 |
| Na | mg/kg | 112 | 1066 | 224 | 162 | 268 | 391 |
| Mn | mg/kg | 58 | 68 | 69 | 72 | 9 | 67 |
| Sr | mg/kg | 17 | 15 | 14 | 14 | 2 | 15 |
| B | mg/kg | 5,7 | 4,1 | 3,4 | 3,1 | 0,7 | 4,1 |
| Cu | mg/kg | 3,6 | 3,9 | 4,9 | 4,8 | 0,7 | 4,3 |
| Mo | mg/kg | 1,7 | 1,2 | 0,7 | 0,6 | 0,2 | 1,0 |
| Elem jele | Mértékegység | AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| | | 82 | 201 | 374 | 600 | | |
| P | % | 0,15 | 0,19 | 0,21 | 0,22 | 0,02 | 0,19 |
| S | % | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,02 | 0,15 |
| Na | mg/kg | 627 | 387 | 277 | 273 | 268 | 391 |
| Zn | mg/kg | 24 | 18 | 15 | 15 | 3 | 18 |
| Sr | mg/kg | 10 | 14 | 17 | 18 | 2 | 15 |
| Mo | mg/kg | 1,3 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,2 | 1,0 |
| Elem jele | Mértékegység | AL-oldható K ₂ O, mg/kg | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| | | 130 | 170 | 235 | 299 | | |
| K | % | 1,01 | 1,15 | 1,39 | 1,58 | 0,11 | 1,28 |
| Mg | % | 0,13 | 0,14 | 0,12 | 0,11 | 0,02 | 0,12 |
| S | % | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,02 | 0,15 |
| Na | mg/kg | 490 | 692 | 275 | 107 | 268 | 391 |

Megjegyzés: Fe 109, Al 42, Ba 5, Ni 0,3 és a Co 0,07 mg/kg átlagosan a kezelésektől függetlenül. A Se 0,6; As 0,4; Pb 0,3; Hg 0,12; Co 0,04; Cd 0,02 mg/kg kimutatási határ alatt

A földfeletti terméssel kivont elemek mennyiségét a termés tömegének és az összetételének szorzata adja. Ebből kifolyólag a hektáronként felvett elemek mennyisége a kezelésektől, a tápláltsági szituációktól, tehát az elemek közötti kölcsönhatásoktól függően igen széles sávban ingadozhat. Amint a 6. táblázat adataiból kitűnik, a N 8-132 kg, Ca 3-30 kg, P 2-13 kg, S 1-12 kg, Mg 1-8 kg, Na 0,1-4,2 kg tartományban szórt az N x P ellátottság függvényében.

5. táblázat Az N x P és N x K ellátottság hatása a gyepszéna elemtartalmára 2010. 06.07-én

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg | | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD ₅ % | Átlag |
|---|------|-------------------------|------|------|------|--------------------|-------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| P% | | | | | | | |
| 82 | 0,25 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,04 | 0,15 | |
| 201 | 0,29 | 0,17 | 0,15 | 0,15 | | 0,19 | |
| 374 | 0,30 | 0,19 | 0,17 | 0,17 | | 0,21 | |
| 600 | 0,31 | 0,21 | 0,18 | 0,19 | | 0,22 | |
| Átlag | 0,29 | 0,17 | 0,16 | 0,16 | 0,02 | 0,19 | |
| Na mg/kg | | | | | | | |
| 82 | 124 | 1302 | 662 | 422 | 536 | 627 | |
| 201 | 106 | 1182 | 98 | 161 | | 387 | |
| 374 | 91 | 929 | 62 | 25 | | 277 | |
| 600 | 127 | 849 | 74 | 41 | | 273 | |
| Átlag | 112 | 1066 | 224 | 162 | 268 | 391 | |
| Sr mg/kg | | | | | | | |
| 82 | 12 | 10 | 10 | 9 | 4 | 10 | |
| 201 | 15 | 16 | 14 | 13 | | 14 | |
| 374 | 20 | 15 | 15 | 16 | | 16 | |
| 600 | 20 | 19 | 17 | 17 | | 18 | |
| Átlag | 17 | 15 | 14 | 14 | 2 | 15 | |
| Mo mg/kg | | | | | | | |
| 82 | 1,8 | 1,6 | 1,0 | 0,9 | 0,4 | 1,3 | |
| 201 | 1,6 | 1,2 | 0,8 | 0,6 | | 1,0 | |
| 374 | 1,8 | 0,8 | 0,5 | 0,4 | | 0,9 | |
| 600 | 1,8 | 0,9 | 0,5 | 0,4 | | 0,9 | |
| Átlag | 1,7 | 1,2 | 0,7 | 0,6 | 0,2 | 1,0 | |
| AL-K ₂ O mg/kg | | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD ₅ % | Átlag |
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| K% | | | | | | | |
| 130 | 1,49 | 0,90 | 0,77 | 0,86 | 0,22 | 1,01 | |
| 170 | 1,71 | 1,03 | 0,92 | 0,94 | | 1,15 | |
| 235 | 1,82 | 1,45 | 1,16 | 1,12 | | 1,39 | |
| 299 | 1,84 | 1,67 | 1,35 | 1,45 | | 1,58 | |
| Átlag | 1,72 | 1,26 | 1,05 | 1,09 | 0,11 | 1,28 | |

Megemlítjük, hogy ugyanitt a Fe 80-866 g, Mn 38-530 g, Sr 8-120 g, Ba 4-41 g, Cu 2-32 g, Mo 1-3 g sávban ingadozott az N x P kínálat függvényében. Az N x K kezelésekben a K 8-103 kg, Na 0,1-6,4 kg, Zn 10-138 g, Al 48-143 g, B 7-20 g, Ni 0,4-1,8 g, Co 0,1-0,4 g minimum-maximum értékeket jelzett hektáronként. Az As, Pb, Hg, Co, Cd g/ha kimutatási határ alatt maradt. Az adatok részletesebb közlésétől, a terjedelmes N x P, illetve N x K kétirányú táblázatok bemutatásától hely hiányában eltekintünk.

6. táblázat N x P ellátás hatása a gypszena elemfelvételére 2010.06.09-én

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|---|-------------------------|------|------|------|-------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| N kg/ha | | | | | | |
| 82 | 8 | 42 | 71 | 98 | 20 | 55 |
| 201 | 29 | 41 | 102 | 116 | | 72 |
| 374 | 17 | 52 | 106 | 132 | | 77 |
| 600 | 9 | 57 | 109 | 127 | 10 | 75 |
| Átlag | 16 | 48 | 97 | 118 | | 70 |
| Ca kg/ha | | | | | | |
| 82 | 3 | 11 | 15 | 17 | 6 | 12 |
| 201 | 9 | 14 | 24 | 27 | | 19 |
| 374 | 8 | 17 | 25 | 30 | | 20 |
| 600 | 3 | 20 | 26 | 27 | 3 | 19 |
| Átlag | 6 | 16 | 22 | 26 | | 17 |
| P kg/ha | | | | | | |
| 82 | 1,7 | 3,1 | 4,9 | 6,6 | 2,6 | 4,1 |
| 201 | 4,9 | 5,1 | 9,2 | 10,2 | | 7,4 |
| 374 | 3,7 | 8,6 | 11,3 | 12,3 | | 9,0 |
| 600 | 2,5 | 10,2 | 12,0 | 13,1 | 1,3 | 9,5 |
| Átlag | 3,2 | 6,7 | 9,3 | 10,6 | | 7,5 |
| S kg/ha | | | | | | |
| 82 | 1,1 | 3,8 | 5,9 | 7,3 | 1,8 | 4,5 |
| 201 | 2,7 | 3,6 | 8,0 | 9,7 | | 6,0 |
| 374 | 2,0 | 5,4 | 9,9 | 12,2 | | 7,4 |
| 600 | 1,3 | 6,0 | 11,0 | 12,0 | 0,9 | 7,6 |
| Átlag | 1,8 | 4,7 | 8,7 | 10,3 | | 6,4 |
| Mg /kg/ha | | | | | | |
| 82 | 1,0 | 4,3 | 4,7 | 5,3 | 1,6 | 3,8 |
| 201 | 2,2 | 4,7 | 6,8 | 8,0 | | 5,4 |
| 374 | 1,9 | 4,9 | 6,2 | 7,9 | | 5,2 |
| 600 | 1,0 | 6,2 | 6,9 | 8,1 | 0,8 | 5,6 |
| Átlag | 1,5 | 5,0 | 6,2 | 7,4 | | 5,0 |
| Na kg/ha | | | | | | |
| 82 | <0,1 | 3,5 | 2,9 | 2,1 | 1,0 | 2,1 |
| 201 | 0,1 | 3,2 | 0,5 | 1,0 | | 1,2 |
| 374 | 0,1 | 3,7 | 0,4 | 0,2 | | 1,1 |
| 600 | <0,1 | 4,2 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 1,3 |
| Átlag | 0,1 | 3,7 | 1,1 | 0,9 | | 1,4 |

7. táblázat N x P ellátás hatása a gyepszéna elemfelvételére 2010.06.09-én

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|---|-------------------------|-----|-----|-----|-------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Fe g/ha | | | | | | |
| 82 | 78 | 293 | 370 | 525 | 107 | 317 |
| 201 | 177 | 244 | 635 | 866 | | 481 |
| 374 | 113 | 359 | 557 | 635 | | 416 |
| 600 | 92 | 390 | 726 | 574 | | 445 |
| Átlag | 115 | 322 | 572 | 650 | 53 | 415 |
| Mn g/ha | | | | | | |
| 82 | 38 | 184 | 237 | 357 | 72 | 204 |
| 201 | 91 | 225 | 515 | 530 | | 340 |
| 374 | 68 | 259 | 437 | 518 | | 321 |
| 600 | 49 | 360 | 431 | 515 | | 339 |
| Átlag | 62 | 257 | 405 | 480 | 36 | 301 |
| Sr g/ha | | | | | | |
| 82 | 8 | 30 | 43 | 47 | 22 | 32 |
| 201 | 31 | 48 | 81 | 88 | | 62 |
| 374 | 31 | 65 | 96 | 114 | | 76 |
| 600 | 14 | 91 | 111 | 120 | | 84 |
| Átlag | 21 | 58 | 83 | 92 | 11 | 64 |
| Ba g/ha | | | | | | |
| 82 | 4 | 14 | 17 | 25 | 6 | 15 |
| 201 | 7 | 20 | 28 | 30 | | 21 |
| 374 | 7 | 21 | 35 | 36 | | 25 |
| 600 | 3 | 23 | 34 | 41 | | 25 |
| Átlag | 5 | 20 | 28 | 33 | 3 | 22 |
| Cu g/ha | | | | | | |
| 82 | 2 | 13 | 24 | 25 | 6 | 16 |
| 201 | 7 | 12 | 27 | 34 | | 20 |
| 374 | 5 | 16 | 26 | 35 | | 20 |
| 600 | 2 | 17 | 38 | 32 | | 22 |
| Átlag | 4 | 14 | 29 | 31 | 3 | 20 |
| Mo g/ha | | | | | | |
| 82 | 1,2 | 4,7 | 4,4 | 4,6 | 1,2 | 3,7 |
| 201 | 2,6 | 3,5 | 4,5 | 4,2 | | 3,7 |
| 374 | 2,2 | 3,8 | 3,3 | 2,9 | | 3,1 |
| 600 | 1,4 | 4,4 | 3,2 | 2,9 | | 3,0 |
| Átlag | 1,8 | 4,1 | 3,8 | 3,6 | 0,6 | 3,4 |

Megjegyzés: Ca 12409, Al 91, Fe 78, Ba 19, Na 16, Cd 0,13 mg/kg átlagosan

Talajvizsgálataink szerint az N x P trágyázás nyomán változott a Mg, P, Al, Sr, míg az N x K trágyázással az NH₄-acetát + EDTA oldható K koncentrációja a szántott rétegben, a kísérlet 37. évében, 2010-ben. Eredmények a 7. táblázatban tanulmányozhatók. Megállapítható, hogy az e módszerrel mért Mg-tartalom némileg mérséklődik a P, illetve szignifikánsan emelkedik a N adagolással. A műtrágyákat 25-28%-os pétisó, 18%-os szuperfoszfát és 50-60%-os kálisó

formában alkalmaztuk. A pétisó 2% körüli Mg-szennyezettségét figyelembe véve 200 kg/ha Mg-bevitelre kerülhetett sor maximálisan a 37 év alatt. A növényi kivonás ezt becsléseink, illetve számításaink szerint 3-4-szeresen haladta meg. A talajok Mg-készlete valójában nem nőtt, hanem csökkent. Csupán a NH_4 -acetát+EDTA oldható Mg-tartalom emelkedett, tehát a Mg kémiai oldhatósága a N-trágyázás nyomán. A P-trágyázás a terméstömeget növelve szintén szegényíthette a talajt, mely azonban tükröződik is a csökkenő oldható Mg-tartalomban.

Vizsgálataink szerint a hazai szuperfoszfátok átlagosan 20% körüli Ca, 13% S, 8% P és 1% Sr tartalommal bírtak (Kádár 1992). A P-trágyázás kumulatív hatását az AL-oldható és az NH_4 -acetát+EDTA oldható P-tartalom egyaránt jól tükrözi. A két módszer főatlágait tekintve megállapítható, hogy az $\text{AL-P} \times 1,7 = \text{NH}_4\text{-EDTA-oldható P-tartalom}$. Tehát az adatok egyszerűen átszámíthatók, transzformálhatók ezen a talajon. Az oldható AL-tartalom mérsékelten, de igazolhatóan emelkedik mind a P, mind a N adagolással. Az oldható Sr mennyisége nőtt a P-trágyázással, a pozitív Sr-mérleggel, ugyanakkor mérséklődik a N-bősséggel, ahol a növényi felvétel is nagyságrenddel nagyobb lehet (7. táblázat). Nem kizárható az Al és Sr foszfátok képződése a Ca foszfátok túlsúlya mellett.

Az oldható K a szántott rétegben erősen változik az N x K kezelésekben. A vizsgált homokos vályog K-készlete viszonylag látványosan csökken K-trágyázás nélkül a N-nel kielégítően ellátott talajon, ahol megfelelő terméstömeg képződik. A N-kontroll parcellákon viszont az oldható K-készletben a dúsulás is kifejezett. Az is megállapítható, hogy az AL-oldható módszer gyakorlatilag azonos értékeket mutat átlagait tekintve, mint az NH_4 -acetát+EDTA módszerrel mért. Az oldható S koncentrációja is szignifikáns emelkedést mutatott a N-kínálattal. A kezelésektől függetlenül a Ca 12409, Al 91, Fe 78, Ba 19, Na 16, Cd 0,13 mg/kg átlagos tartalmat mutatott (7. táblázat).

Összefoglalás

- Az állomány botanikai összetételét döntően az N x P trágyázás befolyásolta. A nitrogénnel és foszforral egyaránt jól ellátott talajon a taréjos búzafű 37, a betelepült magyar rozsnok 27%-ios borítottságot ért el. A nádképű csenkesz és a betelepült madárhúr a N-nel közepesen ellátott kezelésekben szaporodott el. A N-kontroll parcellákon a pillangós gyomok borítása 16% fölé nőtt, főleg a komlós lucerna, bükköny és a tarka koronafürt térfoglalásával. N-trágyázás hatására a gyepborítás 13-ról 66%-ra, a gyomborítás 32-ről 16%-ra, az összes borítás 45-ről 82%-ra változott. Nőtt egyidejűleg a gypfajok, illetve csökkent a gyomfajok átlagos száma is.

- A széna tömegét a N-trágyázás 6-szorosára, az együttes NP-trágyázás közel a 7-szeresére emelte. A N-kínálattal javult a széna N, Mn, Cu; P-kínálattal a P, S, Sr; K-kínálattal a K tartalma. Az egyéb vizsgált elemek koncentrációja általában hígult a növekvő terméstömegben. Az N x P kölcsönhatások eredményeképpen a P 0,12-0,31%; Na 25-1302 mg/kg; Sr 9-20 mg/kg; Mo 0,4-1,8 mg/kg; az N x K kezelésekben a K 0,86-1,84% tartományban változott. A terméssel felvett elemek az N x P kezelésekben az alábbi tartományban ingadoztak: N 8-132 kg, Ca 3-30 kg, P 2-13 kg, S 1-12 kg, Mg 1-8 kg, Na 0,1-4,2 kg hektáronként. Az N x K kezelésekben a K 8-103 kg, Zn 10-138 g, Al 48-243 g, B 7-20 g, Ni 0,4-1,8 g, Co 0,1-0,4 g hektáronként.

- Az NH₄-acetát+EDTA oldható P-tartalom a hagyományos ammóniumlaktát + ecetsavas módszerhez hasonlóan jól tükrözte a talaj trágyázottsági, ellátottsági állapotát. Az adatok átszámíthatók: NH₄-acetát+EDTA-P x 1,7 = AL-P. A két módszer azonos nominális értékeket ad az oldható K-tartalom tekintetében. Tehát mindkét módszer egyaránt alkalmas a talaj K-állapotának megítélésére a szaktanácsadásban. Az NH₄-acetát+EDTA módszerrel nyert adatok külön kalibrálást nem igényelnek az ellátottsági határértékek terén. Az oldható Al és Sr koncentrációja nőtt a szántott rétegben a szuperfoszfát adagokkal, míg a N-trágyázás a Sr tartalmát mérsékelte.

12. Műtrágyahatások vizsgálata a 11. éves gyepen 2011-ben

Eredmények

Csapadékelátottság. A vizsgált 2011. év kimondottan aszályos volt. Az éves csapadék összege 290 mm-t tett ki, a telepen mért 536 mm 50 éves átlagnál 246 mm-rel kevesebb volt. Januárban 10, februárban 4, márciusban 13, áprilisban 26, májusban 16, június elején 1 mm eső esett, tehát az 1. kaszálás idejéig, június 6-ig összesen 70 mm csapadékot kapott a terület. Az előző 2010. év viszont rendkívül esős volt. Ennek ellenére az előregedő gyepek csak 1 kaszálást adott 2010. június 6-án. Év végéig azonban még 541 mm csapadék hullott.

Amennyiben tehát a 2010. év második felének 541 mm csapadéka a talajba szivárgott és a mélyebb rétegekben megőrződött, a 2011. évi állomány $541+70=611$ mm vízkészlettel rendelkezhetett. Elvileg. Ismeretes, hogy a gyepek termőképességét döntően határozza meg a víz- és tápanyagellátás. Németországi tapasztalatok szerint amennyiben a talajvíz nem hozzáférhető, jó vízgazdálkodású termőhelyen kb. 700 mm, homokon legalább 1000 mm csapadékot igényelhet a nagy termés az aktív tenyészideje során. A talaj vízkészletét a sekélyen gyökerező gyepek kötöttebb talajon érdemben 60-90 cm, könnyű homokos talajon 40-50 cm mélységig képes hasznosítani (Geisler 1988).

A vizsgált, löszön kialakult vályogtalaj 1 m-es rétegének szabadföldi vízkapacitása (VKsz) 310 mm, holtvíztartalma (HV) 140 mm. A hasznosítható vagy diszponzibilis vízkészlet (DV) tehát 160-180 mm körüli Győri és Ihász (1968), ill. Rajkai szóbeli közlése szerint. A talaj hasznos vízkészlete és a tenyészidő alatt hullott csapadék közelítően $170+70=240$ mm-t tehetett ki együtt, melyet a gyepek állománya 2010. június 6-ig hasznosíthatott. A második, őszi kaszálásra ez évben sem került sor, érdemi sarjútérmet nem képződött.

A botanikai felvételezést május 19-én végeztük. A fűfajok és gyomok átlagos borítottságát parcellánként becsültük meg, a %-os borítási adatokat statisztikailag értékeltük. Botanikai összetételt és a gyomosodást, ill. az előforduló gyomfajok számát döntően a N trágyázás módosította. Eredményeinket az 1. táblázat foglalja össze.

A táblázatban látható, hogy a legnagyobb átlagos borítást a nádképű csenkesz adta 22,7%-kal. Kitérnek közepes N-igényével. A 100 kg/ha/év N-adagú kezelésekben kerekén 46%-ot képvisel. Egyaránt visszaszorul mind a N-hiányos, mind a N-túlsúlyos talajon. A telepítés idején 2000 szeptemberében növényarány szerint a keverékben 12%-ot képviselt, tehát előretört. A taréjos búzafű N-nel jól ellátott kezelésekben 30% feletti borítást ért el. Rendkívül N-igényes, a N-kontroll talajon előfordulása esetleges. A vetéskori növényaránya 6% volt, tehát a nádképű csenkeszhez hasonlóan előretört az évek folyamán.

Az átlagos borítás alapján 3. leggyakoribb faj a magyar rozsnok. Betelepült faj, a vetéskori magkeverékben nem szerepelt. Rendkívül N-igényes. A 200 és 300 kg/ha/év kezelésekben 30% feletti borítást mutat, míg N nélkül szinte elő sem fordul. A gyomosító madárhúr éppen fordítva. A N-hiányos talajon terjed, a N-bőséget elkerülve. A korábbi években érdemi borítást még nem jelzett. A csomós

ebír és a pásztortáska 2-3% átlagos borítással jelentkezik, a maximális 4-6%-ot a mérsékelt 100 kg/ha/év kezelésekben produkálják. A pásztortáska betelepült gyomfaj. A csomós ebír vetéskori növényaránya 9% volt 2000-ben. Megemlíthető még, hogy az apró szulák gyomfaj borítása 2,8%-ot ér el a bőséges N-ellátottságú talajon (1. táblázat).

1. táblázat N-ellátottság hatása a 11. éves gyepterminológiai összetételére, 2011.05.19.

| Vizsgált jellemzők | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|-----------------------|-------------------------|------|------|------|-------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Gyepfajok borítása, % | | | | | | |
| 1. Nádképű csenkesz | 18,4 | 45,9 | 15,0 | 11,4 | 5,5 | 22,7 |
| 2. Taréjos búzafű | 0,4 | 6,1 | 34,9 | 32,5 | 3,6 | 18,4 |
| 3. Magyar rozsnok | 5,3 | 9,1 | 16,8 | 21,4 | 3,6 | 13,2 |
| 4. Csomós ebír | 1,1 | 3,7 | 2,7 | 2,8 | 0,9 | 2,6 |
| 5. Zöld pántlikafű | 0,3 | 0,0 | 0,2 | 0,9 | 0,6 | 0,4 |
| 6. Réti perje | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,3 |
| Összes gyep | 25,7 | 64,9 | 69,8 | 69,5 | 6,2 | 57,6 |
| Gyomfajok borítása, % | | | | | | |
| 1. Madárhúr | 11,2 | 1,1 | 0,4 | 0,0 | 3,5 | 3,2 |
| 2. Pitypang | 10,7 | 1,7 | 0,0 | 0,0 | 4,0 | 3,1 |
| 3. Pásztortáska | 0,0 | 6,1 | 1,8 | 0,7 | 3,0 | 2,1 |
| 4. Apró szulák | 0,1 | 0,4 | 2,2 | 2,8 | 1,3 | 1,4 |
| 5. Egyéb gyom | 5,7 | 4,8 | 2,8 | 2,3 | 2,1 | 3,9 |
| 6. Pillangós | 8,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,1 | 2,1 |
| Összes gyom | 36,0 | 14,1 | 7,2 | 5,9 | 8,3 | 15,8 |
| Összes borítás | 61,7 | 79,0 | 77,0 | 75,4 | 4,5 | 73,3 |
| Gyepfajok száma | 2,9 | 3,6 | 4,2 | 4,4 | 0,3 | 3,8 |

A pillangós fajok a N-hiányos területeket foglalják el, itt versenyképesek más gyomfajokkal szemben. Egyéb gyomok borítottsága is a N-kontroll parcellákon tűnik a leginkább kifejezettnek. Az összes gyomborítás átlagosan kereken 16%, míg a N-hiányos talajon csupán 25,7%-ot. A N-bőséggel arányuk azonban közel 70%-ra nő. A N-bőség egyúttal növeli a gyepfajok számát és az összes borítást is, mely 75% fölé emelkedik (1. táblázat).

Az első és egyetlen kaszálás június 6-án történt. Állománybonításiunk szerint a N-hiányos talajon a gyepterminológiai kicsi, ritka és sárga maradt a P-kínálattól függetlenül. A N-nel jól ellátott parcellákon magas, sűrű és sötétzöld fűtömeg képződött. A gyepterminológiai légszárazanyag %-át mind a N, mind a P növelte, amennyiben az NP-kínálat nyomán létrejött nagyobb termésterminológiai feltehetően a talaj vízkészletét jobban kimerítette. A légszáraz szénatömege a kontrollon mért 1,1 t/ha-ról 5,1 t/ha-ra emelkedett az együttes NP-trágyázás nyomán (2. táblázat).

2. táblázat Az N x P ellátás hatása a gyepek fejlődésére és termésére, 2011. június 6.

| AL-P ₂ O ₅ mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|---|-------------------------|-----|-----|-----|-------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Bonitálás (gyengén fejlett=1, igen jól fejlett=5) | | | | | | |
| 82 | 1,0 | 3,6 | 3,8 | 4,6 | 0,7 | 3,4 |
| 201 | 1,6 | 3,3 | 4,5 | 4,9 | | 3,8 |
| 374 | 1,3 | 3,9 | 4,6 | 4,9 | | 3,7 |
| 600 | 1,2 | 4,4 | 4,8 | 4,9 | | 4,2 |
| Átlag | 1,3 | 3,8 | 4,4 | 4,8 | 0,4 | 3,8 |
| Légszáraz anyag %-a | | | | | | |
| 82 | 36 | 34 | 36 | 36 | 3 | 36 |
| 201 | 37 | 37 | 39 | 40 | | 38 |
| 374 | 34 | 40 | 41 | 40 | | 39 |
| 600 | 37 | 38 | 41 | 40 | | 39 |
| Átlag | 36 | 37 | 40 | 39 | 2 | 38 |
| Légszáraz széna t/ha | | | | | | |
| 82 | 1,1 | 2,7 | 3,5 | 3,9 | 0,8 | 2,8 |
| 201 | 1,3 | 2,6 | 3,7 | 4,9 | | 3,4 |
| 374 | 1,4 | 3,1 | 4,6 | 5,0 | | 3,5 |
| 600 | 1,1 | 3,4 | 4,9 | 5,1 | | 3,6 |
| Átlag | 1,2 | 3,0 | 4,4 | 4,7 | 0,4 | 3,3 |
| Vízhasznosulási együttható 240 mm csapadéokra | | | | | | |
| 82 | 2182 | 889 | 686 | 615 | | 857 |
| 201 | 1846 | 923 | 649 | 490 | | 706 |
| 374 | 1714 | 774 | 522 | 480 | | 686 |
| 600 | 2182 | 706 | 490 | 471 | | 667 |
| Átlag | 2000 | 800 | 545 | 511 | | 727 |

A gyepek fajok versengését a P- és a K-trágyázás is befolyásolta. Amint az 3. táblázatban látható, a nádképű csenkesz borítása 3-52% között, a taréjos búzafű 0-40% között, a betelepült magyar rozsnok 4-31% között, míg a csomós ebír kereken 1-4% között módosult az NxP kölcsönhatások függvényében. A magyar rozsnok előretörését a K-kínálat is javította. A maximális együttes NPK trágyázás hatására a borítás 30% fölé emelkedett.

A N-nel és P-ral kielégítően ellátott talajon a K-hatások is igazolhatók. Egyértelműen növeli a fű átlagos magasságát, valamint a zöld és a légszáraz széna tömegét a K-trágyázás (4. táblázat). Kétségtelen, hogy meghatározó a N-ellátás. Szabó (1977) szerint a trágyázással, főként a N adagolásával ugrásszerűen nőhet a szénatermés és ezzel látványosan javulhat a víz-hasznosulás. Gruber (1960) azt találta, hogy 1 kg széna szárazanyag képzéséhez a gyepek 520-790 kg vizet használtak fel. Gyarmati (1980) szerint átlagosan 600 liter vizet párologtat el a gyepek, de extrém esetben a víz felhasználása 400-1200 liter/kg szárazanyag tartományban ingadozhat.

3. táblázat Az N x P és az N x K ellátás hatása a gyepterminológiai összetételére 2011.
05. 19-én. Borítottsági % a K-kezelések átlagában

| 05. 19-én. Borítottsági % a K-kezelések alatt | | | | | | |
|---|-------------------------|-----|-----|-----|-------------------|-------|
| AL-P ₂ O ₅ mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Nádképű csenkesz | | | | | | |
| 82 | 23 | 52 | 30 | 31 | 11 | 34 |
| 201 | 13 | 44 | 10 | 7 | | 18 |
| 374 | 26 | 38 | 11 | 4 | | 20 |
| 600 | 12 | 50 | 10 | 3 | | 19 |
| Átlag | 18 | 46 | 15 | 11 | 6 | 23 |
| Taréjos búzafű | | | | | | |
| 82 | 0 | 3 | 20 | 19 | 8 | 10 |
| 201 | 1 | 5 | 38 | 36 | | 20 |
| 374 | 1 | 7 | 39 | 35 | | 21 |
| 600 | 0 | 9 | 43 | 40 | | 23 |
| Átlag | <1 | 6 | 35 | 32 | 4 | 18 |
| Magyar rozsnok | | | | | | |
| 82 | 6 | 8 | 10 | 11 | 7 | 9 |
| 201 | 4 | 7 | 21 | 20 | | 13 |
| 374 | 8 | 12 | 19 | 31 | | 17 |
| 600 | 4 | 9 | 17 | 24 | | 14 |
| Átlag | 5 | 9 | 17 | 21 | 4 | 13 |
| Csomós ebír | | | | | | |
| 82 | 1,2 | 4,5 | 2,9 | 4,0 | 1,8 | 3,2 |
| 201 | 1,3 | 4,0 | 2,5 | 3,0 | | 2,7 |
| 374 | 1,3 | 3,0 | 3,2 | 2,6 | | 2,6 |
| 600 | 0,7 | 3,2 | 2,3 | 1,5 | | 1,9 |
| Átlag | 1,1 | 3,7 | 2,7 | 2,8 | 0,9 | 2,6 |
| AL-K ₂ O mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Magyar rozsnok | | | | | | |
| 130 | 6 | 5 | 10 | 13 | 7 | 8 |
| 170 | 4 | 8 | 13 | 17 | | 11 |
| 235 | 8 | 9 | 14 | 24 | | 14 |
| 299 | 4 | 14 | 30 | 32 | | 20 |
| Átlag | 5 | 9 | 17 | 21 | 4 | 13 |

Lássuk hogyan alakult kísérletünkben a vízhasznosulási együttható a meghatározó N-ellátottság függvényében. Becsléseink szerint a hasznosítható vízkészlet (talaj+lehullott csapadék a tenyészedő alatt) 240 mm-t tehetett ki. Az 1 mm = 1 m²/liter, azaz 10000 liter/ha. A 240 mm = 2 400 000 liter/ha, azaz 2400 t/ha. A N-kontrollon kapott 1,1 t/ha szárazanyag esetében tehát mintegy 2000 kg, a 100 kg/ha/év N-adagon kapott 3 t/ha termésnél 800 kg, míg a 4,7 t/ha termésnél a bőséges N-szinten 511 kg vagy liter vizet használt fel a gyepterminológiai 1 kg széna előállításához. A vízhasznosulási koefficiens a N-kínálat nyomán 500-2000 liter/kg légszárazanyag tartományban változott.

4. táblázat Az N x K ellátás hatása a gyepek fejlődésére és termésére, 2011. június 6.

| AL-K ₂ O mg/kg | N-trágyázás, N kg/ha/év | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|---|-------------------------|------|------|------|-------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Átlagos állománymagasság, cm | | | | | | |
| 130 | 65 | 72 | 71 | 70 | 8 | 70 |
| 170 | 58 | 77 | 73 | 73 | | 71 |
| 235 | 58 | 76 | 73 | 80 | | 73 |
| 299 | 56 | 80 | 83 | 85 | | 78 |
| Átlag | 59 | 77 | 75 | 77 | 4 | 73 |
| Zöld tömeg, t/ha | | | | | | |
| 130 | 2,7 | 6,3 | 9,4 | 11,3 | 2,2 | 7,4 |
| 170 | 3,4 | 6,8 | 11,6 | 10,8 | | 8,1 |
| 235 | 3,7 | 9,4 | 11,8 | 12,6 | | 9,4 |
| 299 | 3,8 | 10,2 | 12,2 | 13,3 | | 9,9 |
| Átlag | 3,4 | 8,1 | 11,2 | 12,0 | 1,1 | 8,7 |
| Légszáraz széna t/ha | | | | | | |
| 130 | 1,0 | 2,5 | 4,0 | 4,5 | 0,8 | 3,0 |
| 170 | 1,2 | 2,4 | 4,4 | 4,4 | | 3,1 |
| 235 | 1,3 | 3,3 | 4,6 | 5,0 | | 3,6 |
| 299 | 1,4 | 3,6 | 4,6 | 5,0 | | 3,7 |
| Átlag | 1,2 | 3,0 | 4,4 | 4,7 | 0,4 | 3,3 |
| Vízhasznosulási együttható 240 mm csapadéokra | | | | | | |
| 130 | 2400 | 960 | 600 | 533 | | 800 |
| 170 | 2000 | 1000 | 545 | 545 | | 774 |
| 235 | 1846 | 727 | 522 | 480 | | 667 |
| 299 | 1714 | 667 | 522 | 480 | | 649 |
| Átlag | 2000 | 800 | 545 | 511 | | 727 |

Összefoglalás

- A vizsgált 2011. évben a tenyésztés kezdetén a talaj 1 m rétege kb. 170 mm csapadékot tárolt, a tenyésztés alatt lehullott csapadék 70 mm-t tett ki. A gyepek mintegy 240 mm vízkészlettel rendelkeztek a június 6-i kaszálás idejéig. Az előregedő gyepek második kaszálásához sarjút nem képezett ebben az aszályos évben.
- A gyepek botanikai összetételét a N x P kölcsönhatások határozták meg. A nádképző csemeték 3-5%, tarajos búzafű 0-40%, a betelepült magyar rozsnok 4-31%, a csomós ebri 1-4% közötti borítást mutatott az NxP ellátottság függvényében. A N-hiányos talajon előretörték a gyomok, különösen a pillangós fajok, míg a fűvek visszaszorultak 26%-ot képviselve. A N és az NPK bőséges kínálatával emelkedett a gyepek átlagos száma és a gyepekkel való borítottság.
- A szénhozam 1,1 t/ha-ról 5 t/ha fölé emelkedett, döntően a N-kínálattal. Ezzel párhuzamosan javult a vízhasznosulás. A N-kontroll talajon 2000 liter vizet használt fel a gyepek 1 kg szén képzéséhez, a 100 kg/ha/év kezelésben 800 litert, míg a 300 kg/ha/év kezelésben 511 litert.

13. Műtrágyahatások vizsgálata a 12. éves gyepen 2012-ben

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A korábbiakban ismertettük részletesen a kísérletünk módszerét, körülményeit, illetve a gyeprágyázással összefüggő fontosabb hazai és külföldi forrásokat. Bemutattuk az eltérő tápláltsági szintek és kombinációik hatását a telepített gyeprágyázására, első évének termésére, N-felvételére és a N-műtrágyák hasznosulására. A második fejezet a takarmányérték vizsgálat módszertanát, irodalmát, valamint a gyepszéna minőségének változásait tekintette át a tápláltsági szintek függvényében kísérletünkben. Külön fejezet taglalta a széna fontosabb makro- és mikroelemeinek akkumulációját, a lehetséges kölcsönhatásokat az egyes elemek felvétele során. A nemzetközi és a hazai irodalom bázisán értékelte azokat a diagnosztikai optimumokat, melyek a növénytáplálás, illetve a takarmányozás számára iránymutatóak lehetnek (*Kádár 2004, Kádár és Győri 2004*).

Vizsgáltuk a gyepszéna makro- és mikroelemeinek felvételét a tápláltsági szituáció függvényében és meghatároztuk az 1 t széna képződéséhez szükséges átlagos fajlagos elemigényt, mely a tudományosan megalapozott trágyázási szaktanácsadás alapjául szolgálhat. Hasonló átfogó, 20-25 elemre kiterjedő elemforgalmi vizsgálatok a hazai szakirodalomban hiányoztak. A takarmányozástannal foglalkozó tudomány fejlődését is érintve, értékeltük a műtrágyázás hatását a gyeprágyázás aminosav tartalmára és hozamára. Bemutattuk, hogy a kiegyensúlyozatlan ásványi táplálás, illetve műtrágyahasználat milyen mérvű egyensúlytalanságot hozhat létre az egyes aminosav párok között a fellépő antagonizmusok nyomán (*Kádár és Győri 2005*).

A kísérlet 2. évének nagytömegű adatát külön értékeltük a termés és elemösszetétel, az ásványi elemforgalom, valamint a minőség és tápanyaghozam tekintetében. A kísérlet 3. évében 2003-ban az aszályos nyár miatt csak egyetlen kaszálásra került sor. Utóbbi közleményünk a hiányos, optimális és túlsúlyos vagy egyoldalú ásványi táplálás hatásait mutatta be a gyepszéna termésére, minőségi jellemzőire, elemösszetételére és elemforgalmára. A 4. éves műtrágyahatások eredményeit is közöltük, áttekintve a termés és az ásványi összetétel valamint az elemforgalom alakulását. Az 5-10. év adatait szintén összefoglaltuk (*Kádár et al. 2011; Kádár és Ragályi 2011*).

Ami a botanikai összetételt illeti, drasztikus módosulások történtek az évek és a műtrágyázás függvényében. A kísérlet 9. évére az elvetett 8 komponensből 3 növényfaj volt azonosítható: nádképű csenkesz, taréjos búzafű és a csomós ebír. A zöld pántlikafű már az 1. évben sem tudott 1% feletti borítást elérni. A kísérlet 3. évében kipusztult a réti komócsin, 5. évben az angolperje, 6. évben a réti és a vörös csenkesz. Közben a gyomborítás 6%-ra emelkedett és 14%-ot ért el a betelepült magyar rozsnok, az összes növényborítás pedig a kezdeti 99%-ról 64%-ra csökkent. A nádképű csenkesz a 0 és a 100 kg/ha/év N-kezelésben 45-46% borítottságot ért el, az e feletti N-adagnál részaránya 10% alá süllyedt. A taréjos búzafűnél a 200-300 kg/ha/év N-adagnál 26-28% volt a borítás, míg a N-kontroll

parcellán e faj nem is jelent meg. A betelepült magyar rozsnok minden tápláltsági szituációban 10% felett volt képviselve, míg a csomós ebír elenyésző 3% borítást jelzett (Szemán *et al.* 2010). Jelen fejezet a 12. kísérleti év eredményeit tárgyalja.

Eredmények

Csapadékellátottság. A vizsgált 2012. év kimondottan száraz volt. Januárban 21, februárban 7, márciusban 0, áprilisban 23, májusban 71 mm eső esett. A kaszálás idejéig (június 7-ig) tehát 123 mm csapadékot kapott az állomány. A száraz nyár és őszi eredményeképpen további kaszálásokra nem került sor.

A botanikai felvételezést május 19-én végezte Szemán László és Csontos Péter. A fűfajok és a gyomok átlagos borítottságát parcellánként becsültük és a %-os borítottság adatait statisztikailag értékeltük. Botanikai összetételt és a gyomosodást, illetve az előforduló gyomfajok számát döntően a N-ellátás módosította. Eredményeinket az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat N-ellátottság hatása a 12. éves gyepterminológiai összetételére 2012.05.30-án

| Vizsgált jellemzők | N-trágyázás, N kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | | | | SzD ₅ % | Átlag |
|----------------------------------|--|------|------|------|--------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Gyepfajok borítása, % | | | | | | |
| 1. Taréjos búzafű | 0,4 | 12,5 | 38,2 | 38,7 | 3,2 | 22,4 |
| 2. Magyar rozsnok | 6,9 | 14,1 | 16,3 | 20,1 | 3,8 | 14,3 |
| 3. Nádképű csenkesz | 9,9 | 26,9 | 5,7 | 4,2 | 4,2 | 11,7 |
| 4. Csomós ebír | 0,4 | 1,4 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,7 |
| 5. Zöld pántlikafű | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 0,2 |
| Összesen | 17,6 | 54,9 | 60,9 | 64,0 | 4,2 | 49,3 |
| Nem pillangós gyomok borítása, % | | | | | | |
| 1. Madárhúr | 9,8 | 3,8 | 1,5 | 1,3 | 1,3 | 4,1 |
| 2. Apró szulák | 2,4 | 3,4 | 4,4 | 5,3 | 1,8 | 3,9 |
| 3. Büdös zörgőfű | 8,0 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 2,3 | 2,2 |
| 4. Betyárfű | 2,1 | 2,0 | 0,4 | 0,3 | 1,3 | 1,2 |
| 5. Fedélnyír | 0,4 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 1,2 | 0,5 |
| 6. Pásztorfű | 0,3 | 1,1 | 0,2 | 0,0 | 1,1 | 0,4 |
| 7. Seprencia | 0,7 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,4 | 0,3 |
| Összesen | 26,2 | 14,0 | 8,0 | 8,0 | 4,2 | 3,4 |
| Pillangós gyomok borítása, % | | | | | | |
| 1. Komlós lucerna | 10,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,4 | 2,5 |
| 2. Mogorós lednek | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,3 | 0,3 |
| 3. Hólyagos csúdfű | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,3 | 0,2 |
| 4. Tarka koronafű | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 0,2 |
| 5. Kaszanyűg bükköny | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 0,2 |
| Összesen | 13,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,2 | 3,4 |
| Teljes borítás | 57,5 | 68,9 | 68,9 | 72,0 | 4,4 | 66,8 |

Megjegyzés: A kísérletben összesen 45 gyomfajt és 8 gyepterminológiát azonosított Szemán László és Csontos Péter.

Amint az adatokból látható, a legnagyobb átlagos borítást 22,4%-kal a taréjos búzafű adta. A gyep telepítésekor 2000 szeptemberében ez a faj a keverékben 6%-ot képviselt. Tehát előretört. Rendkívül N-igényes, a N-kontroll talajon előfordulása esetleges, míg a N-bősséggel a borítása két nagyságrenddel emelkedik és közel 39%-ot ér el. Ezt követi a magyar rozsnok, melynek borítási %-a 7-ről 20%-ra nőtt a N-kínálattal. Betelepült faj, a vetéskori magkeverékben nem szerepelt. A nádképű csenkesz tartotta pozícióját, a vetéskori keverékben 12%-ot képviselt, mely megfelel a 2012. évben mért átlagos borításnak. Mérsékelt N-igényes faj. A 100 kg·ha⁻¹·év⁻¹ adagnál kereken 27%-os maximális borítást jelez, míg a N-kontrollon ez a borítás 10, a N-túlsúly esetén 4%-ra esik vissza.

A csomós ebír borítása a vetéskori 9%-ról 0,7%-ra, míg a zöld pántlikafű borítása a vetéskori 15%-ról 0,2%-ra esett vissza. A réti csenkesz, angolperje, vörös csenkesz és a réti komócsin fajok pedig eltűntek már a kísérlet első 5. év végére. Összességében a gyepfajok együttes borítása a N-kontrollon mért 18%-ról 64%-ra emelkedik a N-bősséggel (1. táblázat).

A kísérletben 39 nem pillangós gyomfajt azonosítottunk. A 0,3% borítást elérő nem pillangós 7 gyomfajt vizsgálva megállapítható, hogy a madárhúr kereken 10, a бүдös зörgőfü 8, az apró szulák és a betyárkóró 2% körüli borítást jelez a N-kontroll talajon fejlődő gyeppen. A 39 gyomfaj borítása együtt a N-kontroll talajon 26, a közepesen ellátottn 14, míg a N-nel jól ellátottn 8%-ot ért el. A pillangós gyomfajok megjelenése csak a N-hiányos kezelésben érdemi. Meghatározó a komlós lucerna térhódítása 10%-kal, együttes borításuk 13,7%-ot mutat. A teljes növényborítás a N-kontroll kezelésben kereken 58%, mely a N-bősséggel 72%-ra nő. Összességében megállapítható, hogy a N-trágyázás döntően a gyepfajok versenyképességét segíti a gyomfajok, illetve a pillangósok rovasára (1. táblázat).

2. táblázat Statisztikailag igazolható változások a gyep botanikai összetételében a P és K ellátottság nyomán, 2012. 05. 30-án*

| Vizsgált összetevők | AL-P ₂ O ₅ mg·kg ⁻¹ | | | | SzD ₅ % | Átlag |
|------------------------|--|------|------|------|--------------------|-------|
| | 82 | 201 | 374 | 600 | | |
| Gyepfaj borítás, % | | | | | | |
| 1.Taréjos búzafű | 15,0 | 21,5 | 26,3 | 26,9 | 3,2 | 22,4 |
| 2.Magyar rozsnok | 10,1 | 15,3 | 15,1 | 16,8 | 3,8 | 14,3 |
| 3.Nádképű csenkesz | 16,0 | 9,9 | 12,2 | 8,5 | 4,2 | 11,7 |
| Gyomborítás, % | | | | | | |
| 1.Madárhúr | 4,9 | 4,5 | 3,4 | 3,5 | 1,3 | 4,1 |
| 2.Apró szulák | 6,8 | 3,4 | 2,5 | 2,7 | 1,8 | 3,9 |
| Vizsgált összetevők | AL-K ₂ O mg·kg ⁻¹ | | | | SzD ₅ % | Átlag |
| | 131 | 174 | 240 | 301 | | |
| Gyepborítás, % | | | | | | |
| 1.Magyar rozsnok | 10,9 | 13,6 | 14,2 | 19,2 | 3,8 | 14,3 |
| 2.Nádképű csenkesz | 9,3 | 10,4 | 12,7 | 14,4 | 4,2 | 11,7 |
| Gyomborítás, % | | | | | | |
| 1.Madárhúr | 5,2 | 4,6 | 3,2 | 3,5 | 1,3 | 4,1 |

*Felvételezést Dr. Szemán László és Dr. Csontos Péter végezte.

A talaj javuló P-kínálatával nőtt a taréjos búzafű és a magyar rozsnok borítása. Tehát e két gypfaj nemcsak N-igényesnek, hanem egyidejűleg P-igényesnek is bizonyult. Ezzel szemben a nádképű csenkesz kifejezetten igénytelen volt a talaj P-kínálatával szemben. Fejlett gyökérrendszere révén a P-hiányos talajon is képes kielégíteni P-igényét, ilyen körülmények között versenyképes faj. Statisztikailag igazolható volt a madárhúr és az apró szulák gyomfajok visszaszorulása a növekvő P-kínálattal. A K-trágyázás a magyar rozsnok és a nádképű csenkesz gypfajok borítottságát emelte, míg egy gyomfaj, a madárhúr előfordulását mérsékelte. Összefoglalóan arra a következtetésre juthatunk, a N-nél elmondottakhoz hasonlóan, hogy a P-trágyázás segítheti némely gypfaj előretörését egy-egy gyomfaj rovására (2. táblázat).

A 3. táblázatban az NxP kölcsönhatásokat, illetve az általuk indukált változások mértékét tanulmányozhatjuk némely gypfaj, illetve gyomfaj borítása között. Az NP-kontrollhoz viszonyítva a taréjos búzafű borítása a bőséges NxP-kínálattal két nagyságrenddel ugrott meg. A magyar rozsnoknál az NxP együttes trágyázás egy nagyságrendbeli emelkedést eredményezett. A nádképű csenkesz előfordulásában akár 30-szoros eltérések lehettek fel az NxP ellátottsági szituáció nyomán. Mind az alul-, mind a túlkínálat depresszív hatású. A madárhúr az együttes NP-túlsúly nyomán eltűnik. Az apró szulák borítását a N növeli, a P mérsékli mintegy 4-szeres eltéréseket előidézve.

A gypállomány átlagos magasságát a N-kínálat döntően befolyásolta, 15 cm-ről 61 cm-re növelte, megnégyszerezte. Ezzel együtt hasonló módon emelkedett a zöld- és a szénatermés. Ugyanitt 10%-kal nőtt a légszárazanyag a zöldtermésben. A talaj vízkészletét a nagytömegű termés gyorsabban kimerítette a N-kezelésekben, így a növényállomány gyorsabban száradt. A P-kínálattal mérsékeltén nőtt a légszárazanyag, valamint a zöld- és a szénatermés. A K-kínálattal a termések szintén nőttek igazolhatóan, míg a légszárazanyag %-a visszaesett. Érvényesült a K fiatalító/vízmegeőrző hatása, mely a növényi szövetek aktívabb élettani működésére is utal (4. táblázat).

A zöld gyp légszárazanyag tartalma az NxP kölcsönhatások eredőjeként 40-56%, a zöld tömeg $1,5-7,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a szénahozam $0,6-4,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ közötti sávban változott az 5. táblázat adatai szerint. Az NxK kölcsönhatásokat a légszárazanyag-tartalomra, a zöld és a légszáraz termés tömegére, valamint a gyp átlagos magasságára a 6. táblázatban tanulmányozhatjuk. Megemlítjük, hogy az extrém NxPxK ellátottsági szituációkban a kapott minimum-maximum értékek az alábbiak voltak: átlagos növénymagasság 10-70 cm, légszárazanyag 40-58%, zöldtömeg $1,4-9,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, szénatermés $0,6-4,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

3. táblázat NxP kölcsönhatások némely gypfaj és gyomfaj borítási %-ában

| AL-P ₂ O ₅ mg·kg ⁻¹ | N-trágyázás, N kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|---|--|------|------|------|-------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Taréjos búzafű | | | | | | |
| 82 | 0,1 | 9,0 | 24,4 | 26,6 | 6,4 | 15,0 |
| 201 | 0,6 | 12,3 | 33,8 | 39,4 | | 21,5 |
| 374 | 0,1 | 11,9 | 46,3 | 46,9 | | 26,3 |
| 600 | 0,6 | 16,9 | 48,4 | 41,9 | 3,2 | 26,9 |
| Átlag | 0,4 | 12,5 | 38,2 | 38,7 | | 22,4 |
| Magyar rozsnok | | | | | | |
| 82 | 5,6 | 8,3 | 12,9 | 13,8 | 7,6 | 10,1 |
| 201 | 8,1 | 10,5 | 23,4 | 19,4 | | 15,3 |
| 374 | 8,8 | 15,9 | 13,9 | 21,9 | | 15,1 |
| 600 | 5,0 | 21,9 | 14,9 | 25,5 | 3,8 | 16,8 |
| Átlag | 6,9 | 14,1 | 16,3 | 20,1 | | 14,3 |
| Nádképű csenkesz | | | | | | |
| 82 | 10,1 | 31,9 | 10,9 | 11,3 | 8,4 | 16,0 |
| 201 | 8,3 | 24,5 | 4,1 | 2,9 | | 9,9 |
| 374 | 13,1 | 29,0 | 5,1 | 1,6 | | 12,2 |
| 600 | 8,1 | 22,3 | 2,8 | 1,0 | 4,2 | 8,5 |
| Átlag | 9,9 | 26,9 | 5,7 | 4,2 | | 11,7 |
| Madárhúr | | | | | | |
| 82 | 9,0 | 3,6 | 3,6 | 3,5 | 2,6 | 4,9 |
| 201 | 12,0 | 3,8 | 1,0 | 1,4 | | 4,5 |
| 374 | 8,9 | 3,4 | 0,9 | 0,5 | | 3,4 |
| 600 | 9,5 | 4,2 | 0,4 | 0,0 | 1,3 | 3,5 |
| Átlag | 9,8 | 3,8 | 1,5 | 1,3 | | 4,1 |
| Aprószulák | | | | | | |
| 82 | 3,9 | 5,5 | 7,6 | 10,2 | 3,6 | 6,8 |
| 201 | 2,4 | 2,9 | 4,0 | 4,5 | | 3,4 |
| 374 | 0,8 | 1,9 | 3,8 | 3,6 | | 2,5 |
| 600 | 2,6 | 3,2 | 2,1 | 2,9 | 1,8 | 2,7 |
| Átlag | 2,4 | 3,4 | 4,4 | 5,3 | | 3,9 |

4. táblázat A N-ellátás hatása a gyepek fejlődésére és termésére 2012.06.07-én

| Vizsgált jellemzők | N-trágyázás, N kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|------------------------------------|--|-----|-----|-----|-------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Magasság, cm | 15 | 47 | 57 | 61 | 6 | 45 |
| Zöld tömeg t·ha ⁻¹ | 1,9 | 4,6 | 6,5 | 7,1 | 0,4 | 5,0 |
| Légszárazanyag, % | 0,8 | 2,2 | 3,4 | 3,6 | 0,2 | 2,5 |
| Légszáraz széna t·ha ⁻¹ | 41 | 49 | 52 | 51 | 2,4 | 48 |
| Vizsgált jellemzők | AL-P ₂ O ₅ mg·kg ⁻¹ | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| | 82 | 201 | 374 | 600 | | |
| Zöld tömeg t·ha ⁻¹ | 45 | 49 | 49 | 51 | 3 | 48 |
| Légszárazanyag, % | 4,2 | 5,4 | 5,3 | 5,1 | 0,4 | 5,0 |
| Légszáraz széna t·ha ⁻¹ | 2,0 | 2,7 | 2,6 | 2,7 | 0,2 | 2,5 |
| Vizsgált jellemzők | AL-K ₂ O mg·kg ⁻¹ | | | | SzD _{5%} | Átlag |
| | 131 | 174 | 240 | 301 | | |
| Zöld tömeg t·ha ⁻¹ | 50 | 48 | 49 | 46 | 3 | 48 |
| Légszárazanyag, % | 4,5 | 4,7 | 5,2 | 5,6 | 0,4 | 5,0 |
| Légszáraz széna t·ha ⁻¹ | 2,3 | 2,3 | 2,6 | 2,7 | 0,2 | 2,5 |

Megjegyzés: Állomány magasságát a PK-ellátottság igazolhatóan nem módosította

5. táblázat. NxP kölcsönhatások vizsgálata 2012.06.07-én kaszáláskor

| AL-P ₂ O ₅ mg·kg ⁻¹ | N-trágyázás, N kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|---|--|-----|-----|-----|-------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Légszárazanyag, % | | | | | | |
| 82 | 40 | 45 | 49 | 48 | 4,8 | 45 |
| 201 | 44 | 48 | 52 | 51 | | 49 |
| 374 | 41 | 50 | 53 | 51 | | 49 |
| 600 | 42 | 52 | 56 | 53 | 2,4 | 51 |
| Átlag | 42 | 49 | 52 | 51 | | 48 |
| Zöld tömeg, t·ha ⁻¹ | | | | | | |
| 82 | 1,5 | 4,0 | 5,7 | 5,7 | 0,8 | 4,2 |
| 201 | 2,4 | 4,8 | 6,7 | 7,8 | | 5,4 |
| 374 | 2,0 | 4,9 | 6,7 | 7,5 | | 5,3 |
| 600 | 1,4 | 4,8 | 6,8 | 7,5 | 0,4 | 5,1 |
| Átlag | 1,9 | 4,6 | 6,5 | 7,1 | | 5,0 |
| Légszáraz széna, t·ha ⁻¹ | | | | | | |
| 82 | 0,6 | 1,8 | 2,8 | 2,8 | 0,4 | 2,0 |
| 201 | 1,0 | 2,3 | 3,5 | 3,9 | | 2,7 |
| 374 | 0,8 | 2,4 | 3,5 | 3,8 | | 2,6 |
| 600 | 0,6 | 2,5 | 3,8 | 4,0 | 0,2 | 2,7 |
| Átlag | 0,8 | 2,2 | 3,4 | 3,6 | | 2,5 |

6. táblázat. NxK kölcsönhatások vizsgálata 2012.06.07-én kaszáláskor

| AL-K ₂ O mg·kg ⁻¹ | N-trágyázás, N kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹ | | | | SzD _{5%} | Átlag |
|--|--|-----|-----|-----|-------------------|-------|
| | 0 | 100 | 200 | 300 | | |
| Légszáranyag, % | | | | | | |
| 131 | 42 | 50 | 55 | 52 | 4,8 | 50 |
| 174 | 42 | 50 | 51 | 51 | | 48 |
| 240 | 42 | 49 | 53 | 51 | | 49 |
| 301 | 37 | 46 | 50 | 49 | 2,4 | 46 |
| Átlag | 41 | 49 | 52 | 51 | | 48 |
| Zöld tömeg, t·ha ⁻¹ | | | | | | |
| 131 | 2,0 | 4,1 | 5,7 | 6,4 | 0,8 | 4,5 |
| 174 | 1,6 | 4,2 | 6,3 | 6,7 | | 4,7 |
| 240 | 1,9 | 5,3 | 6,7 | 7,0 | | 5,2 |
| 301 | 2,0 | 4,9 | 7,2 | 8,3 | 0,4 | 5,6 |
| Átlag | 1,9 | 4,6 | 6,5 | 7,1 | | 5,0 |
| Légszáraz széna, t·ha ⁻¹ | | | | | | |
| 131 | 0,8 | 2,0 | 3,1 | 3,4 | 0,4 | 2,3 |
| 174 | 0,7 | 2,1 | 3,2 | 3,4 | | 2,3 |
| 240 | 0,8 | 2,6 | 3,6 | 3,6 | | 2,6 |
| 301 | 0,8 | 2,3 | 3,6 | 4,0 | 0,2 | 2,7 |
| Átlag | 0,8 | 2,2 | 3,4 | 3,6 | | 2,5 |
| Magasság, cm | | | | | | |
| 131 | 15 | 43 | 58 | 58 | 12 | 44 |
| 174 | 15 | 37 | 55 | 61 | | 42 |
| 240 | 12 | 57 | 57 | 58 | | 46 |
| 301 | 16 | 52 | 58 | 66 | 6 | 48 |
| Átlag | 15 | 47 | 57 | 61 | | 45 |

Megjegyzés: SzD_{5%} értékek a sorokra és oszlopokra megegyeznek. A magasság 10-70 cm, légszáranyag 40-58%, zöld tömeg 1,4-9,8 t·ha⁻¹, légszáraz széna 0,6-4,8 t·ha⁻¹ között változott az NxPxK kölcsönhatások nyomán

Összefoglalás

Megállapítottuk, hogy a tartamkísérlet 39. illetve a telepített gyepek 12. évében az N és az NxP, NxK trágyázás eredményeképpen kifejezetten nőtt a gyepek versenyképessége a gyomfajok, illetve az előforduló pillangósok rovására. Döntőnek azonban a N-hatások bizonyultak mind a borítottsági %-okat, mind a növényállomány átlagos magasságát, mind a szénatermékeket illetően. Az extrém NxPxK ellátottsági szituációkban (kezelésekben) az alábbi minimum-maximum adatok jellemezték az állományt: átlagos növénymagasság 10-70 cm, légszáranyag 40-58%, zöldtömeg 1,4-9,8 t·ha⁻¹, szénatermés 0,6-4,8 t·ha⁻¹. A pillangós gyomfajok megjelenése csak a N-kontroll parcellákon volt tapasztalható. A kísérletben összesen 6 pillangós, 39 nem pillangós és 8 gyeptípust azonosítottunk. A 12 évvel ezelőtt elvetett 8 gyeptípusból a taréjos búzafű, nádképzű csekesz és nyomokban (1% alatt) a csomós ebér, valamint a zöld pántlikafű maradt meg. A magyar rozsnok betelepült fajként 14,3% átlagos borítottságot ért el

14. Kísérleti eredmények fényképeken 2001-2013



$N_3P_1K_2$ (a háttérben $N_0P_3K_3$, majd $N_2P_1K_0$) Nagyhörcsök, 2004.05.06



$N_3P_1K_2$

Nagyhörcsök, 2004.05.06

$N_0P_1K_1$



$N_3P_1K_3$

Nagyhőrsök, 2004.05.06.

$N_0P_0K_0$



$N_0P_1K_1$ ($N_2P_0K_2$ a háttérben) Nagyhőrsök, 2004.05.06.



$N_3P_1K_2$

Nagyhőrcsök, 2006.05.16

$N_0P_1K_1$



$N_3P_2K_3$

Nagyhőrcsök, 2009.05.19

$N_0P_1K_1$



$N_0P_0K_0$

Nagyhőrcsök, 2013.04.16



$N_3P_3K_3$

Nagyhőrcsök, 2013.04.16

IV. A $\text{NO}_3\text{-N}$ és a $\text{SO}_4\text{-S}$ lemosódása a 28. évben, 2001-ben

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Hazánk mezőgazdaságilag hasznosított területére számítva 1970 és 1990 között a N-mérleg becslések szerint átlagosan 10-30 kg/ha/év N, míg a P-mérleg 20-40 kg/ha/év P_2O_5 többletet mutatott (Sarkadi 1979; Kádár 1979, 1987, 1997; Csathó 1994; Markó 1987; Debreczeni 1987). A túltrágyázásból eredő $\text{NO}_3\text{-N}$ és $\text{SO}_4\text{-S}$ hozzájárulhatott, ill. helyenként még hosszú ideig hozzájárulhat a mélyebb talajrétegek és a vízbázisok szennyeződéséhez. Az 1990-es évek elejével a műtrágya felhasználás töredékére esett vissza. Alapvetően sajnos nem szakmai, hanem gazdasági okokra visszavezethetően. A tudományosan megalapozott műtrágyázási szaktanácsadás hiánya következtében a műtrágyák és szerves trágyák szakszerűtlen alkalmazásával előálló következményekkel ma is és a jövőben is számolnunk kell.

A műtrágyák egyéb összetevői, vivőanyagai ugyancsak talajterhelést vagy talajszennyezést okozhatnak. A szuperfoszfát a szokásos 18-20 % P_2O_5 hatóanyag-tartalmán kívül még mintegy 13 % körüli elemi kén, a 40 %-os kálisó a 40 % K_2O hatóanyag-tartalom mellett 10 % Na^+ és 45 % Cl^- kísérelőionnal rendelkezhet. A hazai szuperfoszfátok Cd-ban szegények voltak, de Sr készletük az 1-2 %-ot is elérhette. A magyar talajok Cd-mal nem szennyeződtek, de a talajok és növények Sr tartalma igazolhatóan nőtt a műtrágyázás következtében (Kádár 1992).

A $\text{NO}_3\text{-N}$ és a $\text{SO}_4\text{-S}$ kilúgzását számos tényező befolyásolhatja, mint az ökológiai adottságok (talaj és éghajlati viszonyok), az alkalmazott agrotechnika, ill. gazdálkodási és talajhasználati módok (trágyázás, öntözés, növényfedettség stb.). Általánosságban a lemosódást az átszivárgó víz mennyisége és annak ionkoncentrációja határozza meg. A jó vízáteresztő képességű talajokban a beszivárgó víz, amely elhagyja a gyökérzónát, áthalad egy telítetlen zónán, mielőtt elérheti a talajvíz szintjét, a telített zónát. Az átszivárgás sebessége ebben a telítetlen talajrétegben arányos a beszivárgó víz mennyiségével és fordítottan arányos a talaj víztartalmával.

Lássunk néhány példát a lehetséges N-veszteség mértékéről kimosódás útján az öntözött és trágyázott gazdálkodás viszonyai között. Pratt (1984) összegezve az öntözött kaliforniai völgyekre kapott felvételezések adatait a kilúgzás által okozott N-veszteséget az összes N-felhasználás kb. 50 %-ára becsülte, mely 90 kg/ha/év, ill. a 3,5 millió ha öntözött területre vetítve 315 ezer t/év N-kilúgzást jelenthetett. A szerző megjegyzi, hogy az adott öntözési gyakorlat mellett a $\text{NO}_3\text{-N}$ talajvízbe jutásához, mely 30 m mélyen helyezkedik el átlagosan, 15-60 évre van szükség. Az átszivárgás sebessége ugyanis 0,5-1,8 m/év között ingadozott a telítetlen talajrétegben.

A németországi Mosel-vidéki szőlők alatti talajokat vizsgálva Walter és Resch (1983) megállapították, hogy az akkor szokásos 200-400 kg N/ha/év túltrágyázás nyomán a kimosódás mértéke a 200 kg/ha/év N-t is elérhette. A szőlő 40-100 kg/ha/év N-adagot képes hasznosítani, a N-felhasználás ¼-ére mérsékelhető. A szerzők ellenőrző liziméteres kísérleteiben a N-trágyázás beszüntetése után 4 évvel

sem tapasztaltak N-hiányt, mert az ásványosodás elegendő N-t szolgáltatott. Javasolták csapadékosabb vidékeken a gyepesítést a NO₃-kilúgzás csökkentése céljából.

A tartós gyepek, valamint a mérsékelt trágyázott rétek és legelők alatt szinte nem beszélhetünk kimosódásról, mivel a talaj állandóan növényvel fedett és a füvek még alacsony hőmérsékleten is képesek víz- és tápelemfelvételre. *Amberger (1983)* Németországban 200 mm átszivárgott vízben és 130 kg/ha N-adag esetén agyagos talajon mindössze 3, homokon 7 kg/ha/év N-veszteséget mért. Kalászosok alatt ez a veszteség 4-szeresére, kapások alatt 6-szorosára nőtt ugyanazon a talajon. A szántóföldi zöldségfélék alatt a talajok ásványi-N készlete akár egy nagyságrenddel nagyobb lehet. *Wehrmann és Scharpf (1983)* az éves N-veszteséget üzemi viszonyok között itt 100-300 kg/ha N-re becsülte Németországban.

Kiterjedt kutatások folytak itthon is, főként a NO₃-N kilúgzását illetően. *Nyíri és Karuczka (1989)* szerint a N-kilúgzás a felhasznált műtrágya-N 30-90 %-át is érintheti sekély drénviszonyok esetén. *Thyll (1984)* a talajcsövezett területek műtrágyázási gyakorlatának felülvizsgálatát sürgette, mert a szolonyeces réti talajon a drénvíz NO₃-N koncentrációja 40-400 mg/liter közötti koncentrációt mutatott. *Lendvai és Ávas (1983)* azt találta a Zala vízgyűjtőjén, hogy a műtrágya-N 19-22 %-a kerülhet a talajvizekbe nitrát formájában. *Rézhegyi és Heltai (1984)* kísérletükben 36-67 % műtrágya-N kimosódást regisztrált 1 m mélységben. *Tóth (1984)* Ny-Magyarországon a drénvizekben 25-30 kg/ha, a felszíni vizekben 26-34 kg/ha N-t mért. Hasonló eredményekről számolt be *Juhász (1991)*, valamint *Blaskó és Juhász (1991)* is.

Szabatos műtrágyázási tartamkísérletekben végzett mélyfúrások adatai szerint a növények igényét meghaladó N-trágyázás NO₃-N kimosódásához és talajvizek szennyezéséhez vezethet szinte minden talajon (*Izsáki 1993, 1994; Izsáki és Iványi 2002; Ruzsányi 1992; Ruzsányi et al. 1994*). *Blaskó és Zsigrai (1994)* rámutatott arra is, hogy kötött talajon az őszi egy adagban kijuttatott és a megosztott őszi + tavaszi N-trágyázás között nincs mérhető különbség a talajszelvény NO₃-N tartalmában. *Szalai és mtsai (2000)* vizsgálatai szerint a többéves lucernatörést követően a lucernás forgó 1-2 m-es talajrétegében a NO₃-N készlete 2-3-szorosa lehet a búza-kukorica forgónak, az évelő pillangósok után megnő a NO₃-N kimosódásának veszélye. Ismeretes, hogy a gyepek feltörésekor, ill. a szántóként hasznosított mélylápokon szabadulhat fel nagy mennyiségű NO₃-N.

Németh (1996) az ország kilenc helyén azonos módszerrel beállított OMTK tartamkísérletek nitrogén forgalmának értékelése alapján kimutatta, hogy a nitrátprofilok a talajtípusokra jellemzően, a talajtulajdonságoktól és a termőhelyi viszonyoktól függően alakulnak. *Izsáki és Iványi (2002)* adatai szerint a Szarvas környéki 3,0-3,2 % humusztartalmú mélyrétegű réti csernozjom talaj 100-200 kg/ha/év N-t képes szolgáltatni tartósan mindenféle trágyázás nélkül. Amennyiben a növények nem képesek hasznosítani e N-t, a NO₃-N kimosódása a trágyázatlan talajon is jelentőssé válhat egyes években. Különösen akkor, ha a talajvíz szintje ingadozik és a felszínhez közel helyezkedik el. A N-felhalmozódás maximuma a N-ellátottságtól, trágyázástól nem függött.

A vizsgálatok módszere, eredmények

A mélyfúrások céljaira az $N_0P_0K_0$, $N_1P_1K_1$, $N_2P_2K_2$, $N_3P_3K_3$ parcellák 2-2 ismétlését jelöltük ki, ahol a vizsgált NPK tápelemszintek együtt emelkednek. Kontrollként a PK nélküli N_1 , N_2 , N_3 kezelések 2-2 ismétlését is megmintáztuk. Parcellánként 2-2 fúrást végeztünk 20 cm-enként, 6 m mélységig terjedően, majd a fúrások anyagát parcellánként és szintenként egyesítettük analízisre. Az összesen 7 kezelés x 2 ismétlés = 14 parcella x 30 mélységi átlagminta = 420 talaj elemzését tette szükségessé.

Korábbi tapasztalataink szerint a talajszelvények NO_3-N és SO_4-S profiljainak jellemzésére hasonló mintavételi eljárás megfelelőnek bizonyulhat (Németh és Kádár 1987, Németh et al. 1987). Mintákban a nedvességtartalmakat szárítószelekrényes módszerrel, a SO_4-S , valamint a NO_2+NO_3-N összegét 1 mólos KCl-es kioldással határoztuk meg (Baranyai et al. 1987). Megemlítjük, hogy ezen a jól szellőzött csernozjom talajon a NO_2+NO_3-N gyakorlatilag a NO_3-N tartalmat tükrözi, az egyszerűség kedvéért a továbbiakban csak NO_3-N -ről beszélünk.

A csapadékadatokat az 1. táblázat ismerteti. Az 50 éves átlaghoz viszonyítva mindössze 4 év során haladta meg az éves csapadék összege legalább 50 mm-rel a sokéves átlagot a 28 év alatt: 1974, 1975, 1998, 1999. Viszont a 28 évből 16 évben volt az éves csapadék összege legalább 50 mm-rel kevesebb. Különösen az őszi vetésű növények tenyészideje alatt hullott kevesebb eső. A X-VI. hónapokban mért csapadék összegei alapján a 28 vizsgált évben két év, 1975 és 1999 tekinthető „csapadékos”-nak, míg 14 év „száraz”-nak. Alapul véve ez esetben is az 50 mm többletet vagy hiányt a sokéves átlaghoz viszonyítva.

A nedvességtartalom mélységi eloszlását az 1. ábra szemlélteti a 6 m-es talajprofilban. Amint az ábrából látható, a mélyebb 5-6 m közötti rétegek 1990-ben mindössze 4-5 % víztartalmat mutattak, mélységgel a talaj vízkészlete is csökkent. A későbbi, 1995. és 2001. években végzett mélyfúrások adatai szerint az 1-1.5 m alatti talajoszlop beázása egyenletes 8-10 % víztartalommal. A felső 1 m-es réteg nedvességtartalma 2001-ben 10-16 % közötti. Megemlítjük, hogy 1999. II. félévében az olaszperje betakarítását követően 400 mm, majd 2000-ben a gyepterleítéséig 261 mm eső hullott. A 2000. évben termett spenót 3 hónapos, aszályal sújtott tenyészidejét és kicsi termését figyelembe véve, ebből a vízkészletből nem volt képes sokat hasznosítani. 1999-ben és 2000-ben tehát becsléseink szerint összesen mintegy 500 mm vízkészlettel gazdagodhatott az 1 m-es feltalaj, melyet a 2001. évi mintavétel tükrözhet.

A mintavétel 2001. október 18-20-án történt. A kísérletet hasonló módon mintáztuk és elemeztük a 12., 17. és 22. évben is. A 12. év után megállapítottuk, hogy a NO_3-N és a SO_4-S felhalmozódási maximuma a 60-200 cm rétegben található, mely megfelelhet 20-30 cm/év lefelé irányuló mozgásnak. A kimosódás csak a növény által fel nem vett tápelemeket veszélyeztetheti, a negatív mérlegű parcellákon a felhalmozódás nem jelentkezett. A növények által fel nem vett N-többletek 30-50 %-a volt kimutatható a talajprofilban NO_3-N , ill. a szuperfoszfáttal bevitt S- többletek 80-90 %-a SO_4-S formájában (Németh et al. 1987-1988, Kádár et al. 1987, Németh és Kádár 1987).

A kísérlet 17. évében, 1990-ben végzett mélyfúrások eredményeit összefoglalva kiemeltük, hogy a NO_3-N lemosódási határa elérte az 5,0-5,5 m mélységet. Ez a határ 5 évvel ezelőtt 4 m mélyen volt. A növényi felvételt meghaladó műtrágya-N 35-63 %-át

tudtuk kimutatni a talajprofilban NO₃-N formájában. A túl trágyázás mértékével nőtt a kimutatott NO₃-N aránya. A 300 kg/ha/év N-kezelés 1 m alatti rétegének közel 2000 kg/ha NO₃-N készlete 2-3 évtized múlva a talajvizet is elérheti (Kádár és Németh 1993).

1. táblázat A csapadék megoszlása a kísérleti területen 1974-2001. között

| Időszak év | Éves összeg | Negyedévi összegek | | | | Tenyészedők összegei | |
|---------------|----------------|--------------------|-----|-----|-----|----------------------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | IV-IX. hó | X-VI. hó |
| 50 év átlaga | 590 | 107 | 173 | 158 | 152 | 331 | 432 |
| 1974 | 755 | 94 | 206 | 216 | 238 | 422 | 427 |
| 1975 | 681 | 74 | 211 | 284 | 112 | 495 | 523 |
| 1976 | 576 | 80 | 115 | 197 | 184 | 312 | 306 |
| 1977 | 522 | 144 | 125 | 131 | 121 | 256 | 453 |
| 1978 | 543 | 68 | 236 | 145 | 92 | 384 | 425 |
| 1979 | 535 | 128 | 110 | 128 | 169 | 238 | 330 |
| 1980 | 603 | 74 | 158 | 124 | 247 | 282 | 401 |
| 1981 | 516 | 57 | 153 | 135 | 172 | 288 | 456 |
| 1982 | 496 | 90 | 142 | 153 | 111 | 295 | 404 |
| 1983 | 421 | 115 | 141 | 80 | 85 | 221 | 367 |
| 1984 | 619 | 117 | 156 | 199 | 147 | 355 | 358 |
| 1985 | 562 | 116 | 165 | 111 | 170 | 276 | 428 |
| 1986 | 440 | 123 | 174 | 46 | 97 | 220 | 467 |
| 1987 | 603 | 132 | 212 | 144 | 114 | 357 | 441 |
| 1988 | 518 | 149 | 107 | 183 | 79 | 290 | 370 |
| 1989 | 468 | 72 | 178 | 144 | 74 | 321 | 328 |
| 1990 | 498 | 52 | 196 | 129 | 121 | 325 | 322 |
| 1991 | 522 | 55 | 100 | 208 | 160 | 308 | 276 |
| 1992 | 471 | 37 | 183 | 34 | 217 | 217 | 380 |
| 1993 | 487 | 29 | 46 | 158 | 254 | 205 | 292 |
| 1994 | 370 | 60 | 102 | 140 | 68 | 242 | 416 |
| 1995 | 483 | 98 | 164 | 124 | 98 | 287 | 329 |
| 1996 | 407 | 22 | 115 | 201 | 70 | 316 | 234 |
| 1997 | 319 | 21 | 120 | 63 | 115 | 183 | 211 |
| 1998 | 682 | 82 | 220 | 239 | 142 | 458 | 417 |
| 1999 | 830 | 76 | 356 | 208 | 190 | 564 | 574 |
| 2000 | 384 | 82 | 82 | 98 | 122 | 180 | 355 |
| 2001 | 622 | 107 | 158 | 321 | 82 | 479 | 387 |

I. + II. + III. havi összeg = 1. negyedév; IV. + V. + VI. havi összeg = 2. negyedév;

VII. + VIII. + IX. havi összeg = 3. negyedév; X. + XI. + XII. havi összeg = 4. negyedév.

Table 3. Rainfall distribution on the experimental area (Calcareous chernozem loam soil, Nagyhorcsók, 1974-2001). (1) Year, (2) Annual total, (3) Quarterly sums, (4) Seasonal sums, (5) April-September, (6) October-June, (7) 50-year mean, (8) 1st quarter: Total of Jan.-Mar., (9) 2nd quarter: Apr.-June, (10) 3rd quarter: July-Sep., (11) 4th quarter: Oct.-Dec.

1. ábra A nedvességtartalom mélységi eloszlása a 6 m-es talajprofilban 1990-ben, 1995-ben és 2001-ben

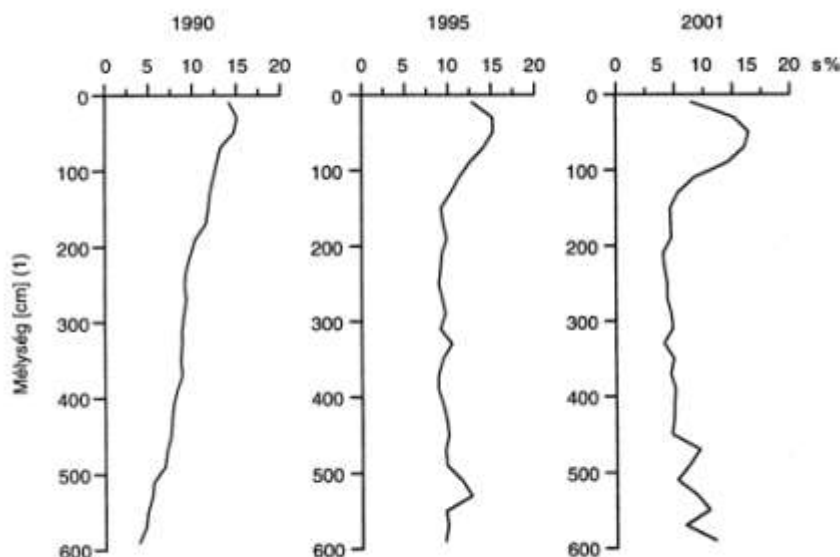


Figure 1. Depth distribution of moisture content in the 6 m soil profile in the years 1990, 1995 and 2001. (1) Depth, cm

A kísérlet 22. évében, 1995-ben tovább nőtt a 0-6 m talajréteg $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete a túltrágyázás nyomán. Az N_0 kezelésben az átlagos $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrációja 4, az N_1 kezelésben 8, az N_2 kezelésben 20, az N_3 kezelésben 43 mg/kg értéket mutatott. Többszörösére emelkedett a mélyebb 4-6 m rétegek $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalma az N_3 kezelésben és a lemosódás mélysége elérte a 6 m-t. A növényi felvételt meghaladó műtrágya-N 40-60 %-a volt $\text{NO}_3\text{-N}$ formában a vizsgált rétegben (Németh és Kádár 1999).

A kísérlet 28. évében, 2001. október 18-án nyert mélyfúrási eredményeket a 2. táblázatban tekinthetjük át. A $\text{NO}_3\text{-N}$ és a $\text{SO}_4\text{-S}$ lemosódása a vizsgált 6 m mélységet meghaladta, a 0-6 m réteg átlagos $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrációja az 1995. évhez képest 1/3-ára, 1/4-ére csökkent. A negatív N-mérleggel rendelkező kontroll, valamint a 100 kg/ha/év N-adagú kezelések talajszelvénye erősen kilúgzódott és $\text{NO}_3\text{-N}$ -ben elszegényedett. Jelentős $\text{NO}_3\text{-N}$ akkumuláció 1 m-ig nem történt a pozitív N-mérlegű 200, ill. 300 kg/ha/év N-kezelésekben sem.

1996. és 2001. között olyan nagy N-felvétellel rendelkező növényeket termesztettünk mint a köles, olaszperje, gyep. A földfeletti betakarított terméssel a köles 190, az olaszperje 240-249, a gyep 388 kg/ha/év N-felvételt mutatott a 300 kg/ha/év kezelésben, részben a kedvező időjárásnak, csapadékelátottságnak is köszönhetően. Az utóbbi 6 év alatt a N-mérleg pozitívuma mindössze 229 kg-ot tett ki a 200 kg/ha/év, ill. 475 kg/t a 300 kg/ha/év kezelésben, mely átlagosan fele volt a korábbi időszakban mért többleteknek. A talaj ásványi N készletének csökkenéséhez vezethet az is, hogy nagytömegű gyökérszövet képződik. Az intenzív szervesanyag-

képződés elvonja a $\text{NO}_3\text{-N}$ -t a feltalajból és a gyepterület alatti bolygatatlan talajban az ásványosodás visszaszorul, a $\text{NO}_3\text{-N}$ képződése leáll. Csapadékos időszakban pedig anaerob viszonyok alakulhatnak ki. A gyökérzetbe épült N mennyisége elérheti vagy meghaladhatja a 100-200 kg/ha/év mennyiséget, melyet számításainkban nem veszünk figyelembe.

2. táblázat A $\text{NO}_3\text{-N}$ és $\text{SO}_4\text{-S}$ lemosódása a kísérlet 28. évében 2001.10.18-án

| Talajszelvény mélysége, cm | Kezelés jele | | | | Kezelés jele | | | |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ | $\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$ | $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ | $\text{N}_3\text{P}_3\text{K}_3$ | $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ | $\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$ | $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$ | $\text{N}_3\text{P}_3\text{K}_3$ |
| | $\text{NO}_3\text{-N}$ mg/kg | | | | $\text{SO}_4\text{-S}$ mg/kg | | | |
| 0-20 | 2 | 4 | 6 | 15 | 2 | 7 | 31 | 44 |
| 20-40 | 2 | 2 | 5 | 5 | 2 | 15 | 55 | 29 |
| 40-60 | 2 | 3 | 4 | 4 | 9 | 35 | 72 | 93 |
| 60-80 | 2 | 2 | 3 | 9 | 6 | 48 | 94 | 104 |
| 80-100 | 1 | 1 | 4 | 29 | 3 | 8 | 14 | 40 |
| 100-120 | <1 | 1 | 5 | 32 | 3 | 5 | 5 | 6 |
| 120-140 | <1 | <1 | 1 | 7 | 3 | 4 | 6 | 7 |
| 140-160 | <1 | 1 | <1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 |
| 160-180 | <1 | <1 | <1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 |
| 180-200 | <1 | <1 | <1 | 3 | 3 | 4 | 6 | 8 |
| 200-220 | <1 | <1 | 1 | 4 | 3 | 4 | 6 | 9 |
| 220-240 | <1 | <1 | 1 | 4 | 3 | 4 | 6 | 9 |
| 240-260 | <1 | <1 | 1 | 5 | 4 | 4 | 6 | 11 |
| 260-280 | <1 | <1 | 1 | 5 | 4 | 4 | 7 | 10 |
| 280-300 | <1 | <1 | 1 | 6 | 3 | 4 | 8 | 12 |
| 300-320 | <1 | <1 | 2 | 7 | 3 | 5 | 10 | 15 |
| 320-340 | <1 | <1 | 2 | 8 | 3 | 5 | 10 | 16 |
| 340-360 | <1 | <1 | 3 | 11 | 4 | 6 | 12 | 18 |
| 360-380 | <1 | <1 | 3 | 12 | 3 | 6 | 14 | 19 |
| 380-400 | <1 | <1 | 4 | 14 | 4 | 7 | 14 | 21 |
| 400-420 | <1 | <1 | 6 | 16 | 4 | 8 | 17 | 24 |
| 420-440 | <1 | <1 | 8 | 16 | 5 | 8 | 19 | 27 |
| 440-460 | <1 | <1 | 8 | 15 | 4 | 9 | 20 | 29 |
| 460-480 | <1 | 1 | 11 | 18 | 5 | 13 | 25 | 38 |
| 480-500 | <1 | 1 | 12 | 19 | 5 | 14 | 30 | 44 |
| 500-520 | <1 | 2 | 12 | 20 | 5 | 17 | 35 | 47 |
| 520-540 | <1 | 3 | 14 | 24 | 7 | 21 | 38 | 56 |
| 540-560 | <1 | 3 | 20 | 31 | 10 | 27 | 47 | 66 |
| 560-580 | <1 | 4 | 29 | 37 | 10 | 32 | 52 | 73 |
| 580-600 | <1 | 3 | 31 | 34 | 10 | 30 | 47 | 57 |
| Átlag (0-6 m) | <1 | 1 | 7 | 14 | 4 | 12 | 24 | 32 |

Table 4. Leaching of $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{SO}_4\text{-S}$ into the 28th year of the experiment under grass on 18 Oct. 2001 (Calcareous chernozem loam soil, Nagyhörcsök). (1) Depth of soil profile, cm, (2) Treatment code, (3) Mean (0-6 m).

Amint a 2. ábrán megfigyelhető, a talajszelvények $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete jelentősen eltér a PK-kontroll, ill. a PK-trágyázott kezelésekben, különösen ami a felső 1-1,5 m réteget érinti. Az egyoldalúan N-nel trágyázott talaj PK-készlete az évek során kimerült, a talaj elszegényedett ezen felvehető elemekben. A termések és a felvett N mennyisége az utóbbi években az abszolút kontroll parcellák szintjére süllyedt. Erre vezethető vissza, hogy az 1 m körüli mélységben mért $\text{NO}_3\text{-N}$ maximumok a nagy termést és nagy N-felvételt mutató NPK parcellákon 30 mg/kg, míg az egyoldalú N kezelésekben 60 mg/kg körüli $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrációkat jeleznek. Megemlítjük, hogy az $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$, ill. az $\text{N}_3\text{P}_3\text{K}_3$ kezelésekben 28 év alatt felvett N mennyisége kerekén 1000 kg/ha többletet mutatott az egyoldalú trágyázásban részesült N_2 , ill. N_3 növényeihez képest.

2. ábra Az NPK-műtrágyázás hatása a 6 m-es talajszelvény $\text{NO}_3\text{-N}$ készletére 2001-ben, a kísérlet 28. évében

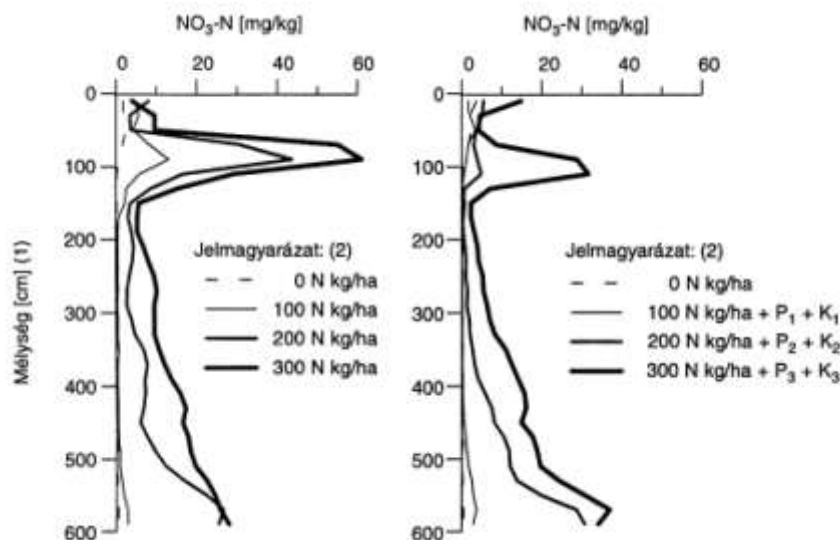


Figure 2. Effect of NPK fertilization on the $\text{NO}_3\text{-N}$ reserves of the 6 m soil profile in 2001, in the 28th year of the experiment. (1) Depth, cm, (2) Legend

Hasonló kilúgzási tendencia figyelhető meg a $\text{SO}_4\text{-S}$ formát illetően. A 0-6 m réteg $\text{SO}_4\text{-S}$ készlete az 1985. évben mért mennyiségnek átlagosan a felére csökkent. A szuperfoszfát műtrágyát nem kapott kontroll talaj oldható S-tartalma mindössze 4 mg/kg átlagos koncentrációt mutat. Az 1999 őszen végzett P-feltöltő trágyázás hatása pregnánsan nyomon követhető a 0-80 cm rétegben, tehát a 2 év alatt mintegy 80 cm-t haladt lefelé a $\text{SO}_4\text{-S}$. A 20 évvel korábbi, 1980. évi P-feltöltés akkumulációs profilja valahol az 5 m körüli mélységben kezdődik. A lemosódás alsó határa viszont a 6 m-t már meghaladta, így nem volt megismerhető a 2. táblázatban bemutatott adatok, ill. a 3. ábrán közölt eredmények szerint.

3. ábra Az NPK-műtrágyázás hatása a 6 m-es talajszelvény $\text{SO}_4\text{-S}$ készletére 2001-ben, a kísérlet 28. évében

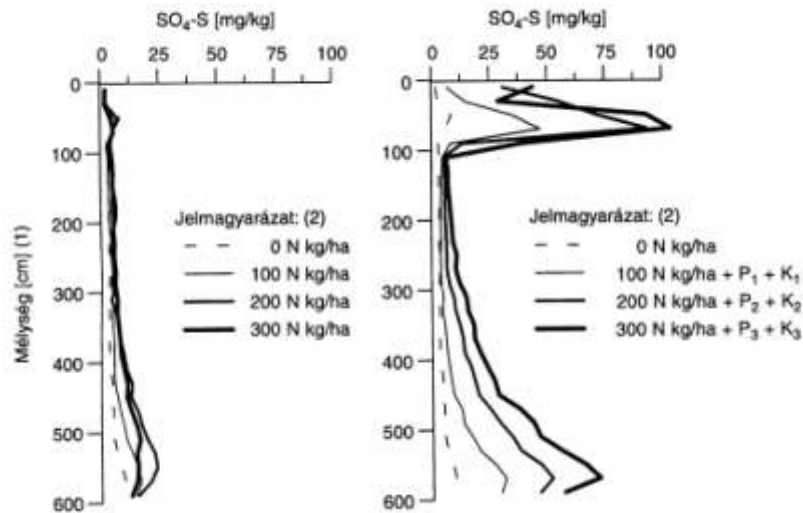


Figure 3. Effect of NPK fertilization on the $\text{SO}_4\text{-S}$ reserves of the 6 m soil profile in 2001, in the 28th year of the experiment. (1) Depth, cm, (2) Legend

A kísérlet 28. éve után felállított N-mérleg egyenlegei szerint a műtrágyával bevitt és talajban maradt többlet-N 5-18 %-át tudtuk kimutatni a $\text{NO}_3\text{-N}$ formában a talaj 0-6 m rétegében. A 3. táblázatban látható, hogy legnagyobb $\text{NO}_3\text{-N}$ készlettel már az 5-6 m közötti, legmélyebb talajréteg rendelkezett. További és mélyebb fúrásokkal kell a jövőben nyomon követnünk a $\text{NO}_3\text{-N}$ vertikális irányú mozgását, hogy teljesebb képet kapjunk a lemosódás sebességéről, valamint a $\text{NO}_3\text{-N}$ forma talajbani arányáról. A kimutatott $\text{NO}_3\text{-N}$ forma mennyisége, hasonlóan az előző vizsgálatokhoz, a túltrágyázás mértékével nőtt.

A 4. táblázatban és a 3. ábrán bemutatott $\text{SO}_4\text{-S}$ mennyisége a talajban maradt többleteket tekintve és a 6 m talajréteg átlagában és 80-90 %-ot tett ki. A $\text{SO}_4\text{-S}$ maximális tömegét a felső 1 m-ben, ill. az alsó 5-6 m-es rétegekben találjuk a P-feltöltések idejének megfelelően. A 28 éve szuperfoszfát műtrágyázásban, tehát S-forrásban nem részesülő kontroll talaj oldható S-tartalmában lassan elszegényedik. A S-igényes olajnövények esetén a szuperfoszfát nemcsak P-forrásul szolgálhat, a P és S elemek hatása ebből adódóan nem is választható szét, amennyiben a S minimumba kerül.

Összefoglalás

A Nagyhörcsöki mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított NPK műtrágyázási tartamkísérlet 28. évében, 2001-ben vizsgáltuk a $\text{NO}_3\text{-N}$ és a $\text{SO}_4\text{-S}$ mélységi eloszlását a talajprofilban. Az $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$, $\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_1$, $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2$, $\text{N}_3\text{P}_3\text{K}_3$ és az N_1 ,

N₂, N₃ kezelések 2-2 ismétlését vizsgáltuk. Parcellánként 2-2 fúrást végeztünk 6 m mélységig terjedően, 20 cm-kénti mintavétellel. A fúrások anyagát parcellánként/szintenként egyesítettük, így 420 mintát elemeztünk 1 mólos KCl-os kioldással. Főbb eredményeink:

3. táblázat A kísérlet N-mérlegének becsült egyenlegei 28 év után, 2001-ben

| Mérleg tételei, mintavétel mélysége | | Évente adott N kg/ha | | | | Átlag |
|--|---------|----------------------|-------|------|------|-------|
| | | 0 | 100 | 200 | 300 | |
| Adott | N kg/ha | 0 | 2800 | 5600 | 8400 | 4200 |
| Felvett | N kg/ha | 2316 | 3872 | 4203 | 4600 | 3748 |
| Egyenleg | kg/ha | -2316 | -1072 | 1397 | 3800 | 452 |
| Különbség | kg/ha | - | 1244 | 3713 | 6116 | - |
| Talajban talált NO ₃ -N, mg/kg | | | | | | |
| 0-1 m | | 1,6 | 2,4 | 4,2 | 12,3 | 5,1 |
| 1-2 m | | 0,2 | 0,5 | 1,3 | 9,3 | 2,8 |
| 2-3 m | | 0,2 | 0,1 | 1,1 | 5,1 | 1,6 |
| 3-4 m | | 0,1 | 0,2 | 2,8 | 10,6 | 3,4 |
| 4-5 m | | 0,2 | 0,7 | 8,8 | 16,8 | 6,6 |
| 5-6 m | | 0,3 | 2,8 | 21,1 | 29,3 | 13,4 |
| 1-6 m összesen | | 0,4 | 1,1 | 6,6 | 13,9 | 5,5 |
| Talajban talált NO ₃ -N kg/ha (1 mg/kg = 14 kg/m) | | | | | | |
| 0-1 m | | 23 | 34 | 59 | 172 | 72 |
| 1-2 m | | 3 | 7 | 18 | 131 | 39 |
| 2-3 m | | 2 | 2 | 15 | 71 | 23 |
| 3-4 m | | 1 | 3 | 39 | 149 | 48 |
| 4-5 m | | 3 | 10 | 124 | 235 | 93 |
| 5-6 m | | 5 | 39 | 296 | 410 | 187 |
| 1-6 m összesen | | 36 | 94 | 551 | 1167 | 462 |
| Különbség | | - | 58 | 515 | 1131 | - |
| Adott N %-ában | | - | 2 | 9 | 13 | 8 |
| Különbség %-ában | | - | 5 | 14 | 18 | 125 |

Table 5. Estimated values of the N balance after 28 years, in 2001 (Calcareous chernozem loam soil, Nagyhorcsök). (1) Balance items, sampling depth, (2) Annual N rate, kg/ha, (3) Mean, (4) Applied N kg/ha, (5) Absorbed N kg/ha, (6) Balance kg/ha, (7) Difference kg/ha, (8) NO₃-N found in the soil, mg/kg, (9) 1-6 m total, (10) Difference, (11) As a % of N applied, (12) As a % of the difference

- A N-mérlegek egyenlegei szerint a műtrágyával bevitt és a növények által fel nem vett (talajban maradt) többlet-N 40-60 %-a volt kimutatható NO₃-N formájában a talaj 0-6 m rétegében a korábbi vizsgálataink szerint. A kísérlet 28. évére a NO₃-N készlet jelentős része a vizsgált 6 m mélység alá mosódott, így a kilúgzás határa nem volt feltárható. A 0-6 m talajprofilban a többlet-N mindössze 5-18 %-át tudtuk NO₃-N formában azonosítani 2001-ben.

- Hasonló kilúgzási profilt mutatott a SO₄-S, melynek maximumait a felső 1 m-es, ill. az alsó 5-6 m-es rétegben találjuk a szuperfoszfáttal végzett feltöltő trágyázás idejének megfelelően. Az 1999. őszén végzett feltöltő trágyázás nyomán a 0-80 cm rétegben dúsult a SO₄-S. A 20 évvel korábbi, 1980-ban végzett feltöltő trágyázás

akkumulációs profilja a 5 m körüli mélységben kezdődik, a lemosódás alsó határa viszont már a 6 m-t meghaladja, tehát nem volt megismerhető. Becsléseink szerint a talajban maradó S 80-90 %-a volt SO₄-S formában kimutatható a 6 m talajrétegben.

- A NO₃-N és a SO₄-S vertikális mozgása 20-40 cm/év sebességet jelzett az eddigi vizsgálataink szerint. Az alsóbb talajrétegek víztartalma 10 % körül ingadozott az utóbbi mélyfúrások (1995, 2001) idején.

4. táblázat A kísérlet SO₄-S mérlegének becsült egyenlegei 28 év után, 2001-ben

| Mérleg tételei, mintavétel mélysége | A 28 év alatt adott P ₂ O ₅ kg/ha | | | | Átlag |
|--|---|------|------|------|-------|
| | 0 | 1500 | 3000 | 4500 | |
| Adott S kg/ha | 0 | 1000 | 2000 | 3000 | 1500 |
| Felvett S kg/ha | -321 | 576 | 623 | 666 | 386 |
| Egyenleg kg/ha | -321 | 424 | 1377 | 2334 | 954 |
| Különbség kg/ha | - | 745 | 1698 | 2655 | - |
| Talajban talált SO ₄ -S, mg/kg | | | | | |
| 0-1 m | 4 | 22 | 53 | 62 | 35 |
| 1-2 m | 3 | 4 | 6 | 7 | 5 |
| 2-3 m | 3 | 4 | 7 | 10 | 6 |
| 3-4 m | 3 | 6 | 12 | 18 | 10 |
| 4-5 m | 5 | 10 | 22 | 32 | 17 |
| 5-6 m | 8 | 26 | 44 | 60 | 34 |
| 1-6 m összesen | 5 | 12 | 24 | 32 | 18 |
| Talajban talált SO ₄ -S kg/ha (1 mg/kg = 14 kg/m) | | | | | |
| 0-1 m | 60 | 314 | 741 | 868 | 496 |
| 1-2 m | 45 | 60 | 79 | 101 | 71 |
| 2-3 m | 47 | 56 | 93 | 144 | 85 |
| 3-4 m | 48 | 78 | 167 | 248 | 135 |
| 4-5 m | 66 | 145 | 309 | 453 | 243 |
| 5-6 m | 116 | 356 | 612 | 837 | 480 |
| 1-6 m összesen | 381 | 1010 | 2001 | 2650 | 1511 |
| Különbség | - | 628 | 1619 | 2269 | - |
| Adott S %-ában | - | 60 | 77 | 72 | - |
| Különbség %-ában | - | 78 | 90 | 81 | - |

Table 6. Estimated values of the SO₄-S balance after 28 years, in 2001 (Calcareous chernozem loam soil, Nagyhorcsök). (1) Balance items, sampling depth, (2) P₂O₅, kg/ha, applied over 28 years, (3) Mean, (4) Applied S kg/ha, (5) Absorbed S kg/ha, (6) Balance kg/ha, (7) Difference kg/ha, (8) SO₄-S found in the soil, mg/kg, (9) 1-6 m total, (10) As a % of S applied, (12) As a % of the difference.

I.Kádár – T. Németh (2004): Leaching of NO₃-N- and SO₄-S in a 28-year mineral fertilisation experiment. Summary.

The depth distribution of NO₃-N and SO₄-S in the soil profile was examined in 2001, in the 28th year of an NPK mineral fertilisation experiment set up on chernozem loam soil with lime deposits at the institute's Experimental Station in Nagyhörcsök. The fertilisers were applied in the form of calcium ammonium nitrate with a 25% N content, 18% superphosphate and 50% potassium chloride. The groundwater was at a depth of 13-15 m and the area was prone to drought. The N₀P₀K₀, N₁P₁K₁, N₂P₂K₂, N₃P₃K₃ and N₁, N₂, N₃ treatments were investigated in two replications. Two drillings were made in each plot to a depth of 6 m, taking samples every 20 cm. The samples were united for each plot/level, giving a total of 420 samples, which were analysed after extraction with 1 M KCl. The major results were as follows:

- According to earlier analyses, 40-60% of the surplus N shown by the N balance to have been introduced with mineral fertiliser and not absorbed by the crop could be detected in the form of NO₃-N in the upper 6 m of soil. By the 28th year of the experiment a substantial part of the NO₃-N reserves had been leached to a depth of more than 6 m, so the leaching boundary could not be identified. Only 5-18% of the surplus N could be detected in the 0-6 m soil profile in the form of NO₃-N in 2001.
- A similar leaching profile was exhibited by SO₄-S, maximum values of which were recorded in the upper 1 m and the lowest, 5-6 m layers, in accordance with the timing of replenishment fertilisation with superphosphate. As the result of replenishment fertilisation in autumn 1999 there was an accumulation of SO₄-S in the 0-80 cm layer. The accumulation profile of replenishment fertilisation carried out 20 years earlier in 1980 began at a depth of around 5 m, but the lower boundary of leaching was already below 6 m, so it could not be identified. It is estimated that 80-90% of the S remaining in the soil could be detected in the form SO₄-S in the 0-6 m soil layer.
- The vertical movement of NO₃-N and SO₄-S took place at a rate of 20-40 cm/year, according to examinations carried out so far. The water content of the lower soil layers fluctuated around a value of 10% during recent drillings (1995, 2001).

V. Kísérleti eredmények legeltetett ősgyepeken

1. Trágyahatások legeltetett természetvédelmi területen

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Thaer (1809-1821) hangsúlyozza, hogy a laza szerkezetű juhtrágya a marhatrágyához viszonyítva könnyen bomlik és nagyobb mennyiségben alkalmazva túlajtja a vetést. Mivel a vizeletből sok ammóniát fejleszt, kiváltképpen az oldhatatlan humuszt tartalmazó földeken előnyös. A trágyatermelés szemszögéből kívánatos, hogy a juhokat almozott istállóban tartsuk. Így szalmás trágyát kapunk, amely nem olyan gyors hatású mint a karámozással nyert, de sokkal tartósabb. A kinti karámozás nagy előnye viszont, hogy a trágyakihozás költségeit megtakaríthatjuk. „Az angolok ellene vannak a karámozásnak. Szerintük a juhlegelő leromlik, ha az éjszakai trágyát megvonják, ill. láthatóan megjavul, ha ezt meghagyják” – jegyzi meg a szerző.

Wolff (1872) úgy tekinti, hogy a juhtrágya növényzetre gyakorolt hatását illetően a „forró” lótrágyához áll közelebb. „A juhok a takarmánnyal együtt és az itatóból sokkal kevesebb vizet vesznek fel mint a marhák, átlagosan a takarmány szárazanyagának 1 fontjára alig többet mint 2 fontot. Ha kizárólag szénával és szalmával történik takarmányozásuk, akkor még kevesebbet. A friss juhtrágyának tehát szárazabbnak kell lennie. És valóban, általában 33-36%-a szárazanyag, míg a lótrágyában kb. 30%, a friss marhatrágyában 25%”. A bélsár mintegy 66% vizet, 31% szerves anyagot és 3% körüli hamut tartalmaz. A friss almos juhtrágyában átlagosan és szárazanyagra számítva 2,49% N; 1,68% K; 0,72% Ca; 0,48% Na; 0,33% Mg; 0,30% P és 0,18% S található.

Barrow és Lambourne (1962), ill. *Barrow (1967)* arra utalnak, hogy Ausztráliában a legelő juh és szarvasmarha bélsárban meglehetősen stabilan 0,8 g N található 100 g elfogyasztott takarmány szárazanyagra vetítve. A többlet/maradék N a vizelettel távozik, mennyisége a takarmány N-készletének függvénye. Amikor pl. a fű N-tartalma 4% felett volt, a kibocsátott N 80%-át találták a vizeletben, míg 0,8% tartalmú fű esetében a juhok által ürített N-nek csupán 43%-át. *Sears és Newbold (1942)*, ill. *Sears (1950)* Új-Zélandon szintén konstatálja, hogy az ürített N 70-75%-át a juhok vizelete tartalmazza, amikor N-ben gazdag herefűves takarmányt fogyasztanak. Dél-Afrika natív legelőin ugyanakkor a kibocsátott N 80%-a a bélsárban jelenik meg nehezen felszabaduló oldhatatlan formában.

Whitehead (1970) nagyszámú irodalmi utalásra támaszkodva arra a következtetésre jut, hogy a juh 0,5-3,0 l vizeletet üríthet naponta (téli kevesebbet, ill. nyáron többet) a legeltetés intenzitásától is függően. Esetenkénti ürítés átlagosan 150 ml körüli 1-2% N-tartalommal. Intenzív legeltetésnél a terület 15-25%-a kaphat vizeletet évente, 200-400 kg/ha pontszerű N-terhelést okozva. A vizelet az érintett terület kétszeresét benedvesítheti a talaj pH értékét emelve. A N

mintegy 50%-a elveszhet azonban az ammónia elillanásával vagy esős időben a képződő NO₃-N kimosódásával. A friss bélsár 0,5-0,8%, szárazanyagra számítva 2-3% N-t tartalmazhat. A talaj felszínén a napon kiszáradva azonban a N nagyobb része, akár 80%-a NH₃ formájában elillanhat.

Ismeretes, hogy a világ számos pontján a legelők gyenge termékenységét bizonyos mikroelemek hiánya vagy túlsúlya (Mn, Zn, Cu, B, Mo, Se) okozza. Miután a hiányokat azonosították és korrigálták, az állattenyésztés és a mezőgazdaság rohamos fejlődésnek indulhatott pl. Ausztráliában és az USA-ban. Szalay és mtsai (1977) felvetették, hogy a Hortobágy szikes legelőinek kicsi hozamait talán nemcsak az emelkedett sótartalom, hanem egyéb elemhiány is előidézheti. Több száz növénymintát elemeztek, ill. növényrendszertani és takarmányozási szempontból értékelték 37 mintavételi helyet érintve.

Az 1. táblázatban bemutatott vizsgálataik szerint a hortobágyi száraz szikes legelőkön honos *Achillea-Festucetum pseudovinae* növénytakaság növényei általában szegényebbek mikroelemekben, mint ugyanezen növények jobb termőhelyen. A legelő állat (juh és tehén) igényét a hortobágyi takarmányszéna átlagosan 114 mg/kg Fe tartalma 100%-ban, az 50 mg/kg körüli Mn 85%-ban, a 18 mg/kg Zn 30%-ban, az 5 mg/kg Cu 52%-ban elégítheti ki (2. táblázat). Ez a fokozatos elszikesedés és a pH emelkedésének következménye. „A juhállomány szaporodási indexe mintegy 40%-kal alacsonyabb a jó legelőkön megszokottnál, amit a Zn, Cu, Mn hiánya is okozat” – állapítják meg a szerzők. Eközben utalnak Anke et al. (1973) vizsgálataira, amelyek szerint az 50-60 mg/kg Mn tartalom alatt felléphet a meddőség (In: Szalay et al. 1977).

1. táblázat Hortobágy száraz szikes legelőinek mikroelem tartalma a főbb borítottaságot adó növényfajok összetétele alapján (Szalay et al. 1977)

| Uralkodó fontosabb növényfajok (1) | Átlagos zöld borítási % (2) | Tartalom mg/kg szárazanyagban (3) | | | |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----|----|----|
| | | Fe | Mn | Zn | Cu |
| <i>Festuca pseudovina</i> | 54 | 111 | 35 | 12 | 4 |
| <i>Achillea setacea, collina</i> | 14 | 169 | 93 | 29 | 9 |
| <i>Poa pratensis</i> | 8 | 69 | 46 | 22 | 4 |
| <i>Poa bulbosa</i> | 5 | 91 | 30 | 10 | 5 |
| <i>Alopecurus pratensis</i> | 5 | 73 | 79 | 21 | 5 |
| <i>Koeleria gracilis</i> | 5 | 87 | 63 | 20 | 2 |
| Súlyozott középérték (4) | - | 114 | 51 | 18 | 5 |

Table 1: Microelement content of the most abundant fodder plant species of the Hortobágy-heath (In: Szalay et al. 1977). Dominant plant species (1), Average green cover % (2), Element content in mg/kg D.M. (3), Estimated weighted mean values (4).

Jávör (2003) megállapítja, hogy az Európai Unió 1,8 nagyállat egységig, azaz 18 anyajuh sűrűségig extenzívnek tekintí a területhasznosítást. A magyar állatsűrűség ennek csak töredéke. A kívánatos állatlétszám többszöröse lehetne a jelenleginek, a veszendőbe menő takarmány értéke milliárdokra tehető. Mindezt a lakosság foglalkoztatása, helybentartása is indokolja. Nemzeti program és finanszírozás szükséges a jövedelmező és ugyanakkor kötelező hasznosítás biztosításához.

Czeglédi és Béri (2002) vizsgálatai alapján a vizelet hatására a hortobágyi talaj sótartalma a mintegy ¼ ha itatóhelyen 0,02%-ról 0,3%-ra emelkedett. Egyidejűleg nőtt az össz-N, NO₃-N, NH₄-N mennyisége is. A trágyázás mintázata egyenetlen. Kiugróan nagy a felhajtó utakon, pihenő és itató helyeken. Megállapításaik szerint a legeltetett területen nagyobb a biodiverzitás, melynek megőrzéséhez erős legeltetésre van szükség a szikes pusztákon. A marha kevésbé mélyen kanyarintva legel és kevésbé válogat. A juh szelektíven és mélyen legel, erős gyomosodást okozhat (*In: Béri és mtsai 2004*).

2. táblázat A hortobágyi legelők mikroelem ellátottságának megítélése takarmányozási szempontból (*Szalay et al. 1977. nyomán*)

| A réti növények minősítése ellátottságuk szerint (1) | Tartalom mg/kg szárazanyagban (2) | | | | Irodalmi Források (3) |
|---|-----------------------------------|----------|----------|---------|---------------------------|
| | Fe | Mn | Zn | Cu | |
| Hiányzó határa növényben (4) | 80 alatt | 30 alatt | 20 alatt | 8 alatt | Különböző |
| Kielégítő ellátottság (5) | 150-200 | 70-150 | 21-40 | 10-12 | szerzők szerint |
| Juh, tehén igénye (6) | 50 | 60 | 60 | 7-8 | MTA (1974) |
| Hortobágyi legelők átlaga (7) | 114 | 51 | 18 | 5 | <i>Szalay et al. 1977</i> |
| (Ellátottsági %-a) (8) | (100) | (85) | (30) | (62) | |

Table 2: Assessment of the microelement supply of the Hortobágy-heath meadow plants from the points of grazing animal needs. Classification of the meadow hay (1), Element content in mg/kg D.M. (2), Literature sources (3), Upper limit of micronutrient deficiency (4), Satisfactory supply (5), Normal demand of sheep and cow (6), Mean of the hay on the Hortobágy-heath (7), Degree of grazing animal supply in % (8).

Béri és mtsai (2004) a védett természeti területek legeltetése kapcsán hangsúlyozzák, hogy a gyepekhez kötődik a védett növény- és állatfajok 1/3-a. A hazai gyepek több mint 50%-a extenzíven kezelt és 200 ezer ha természetvédelmi oltalom alatt áll. Fenntartásuk igényli a legelő-taposó-trágyázó állat jelenlétét. A gyepek termőképessége kicsi, mert csak ott maradtak fenn, ahol rosszak a talajadottságok és kevés a csapadék. A kistermetű füvek a taposást jobban elviselik, sőt az aprócsenkeszes gyepek kimondottan igénylik is. Megemlítik, hogy az 1989. évi Vörös Könyvben közölt védett állatfajból 137, a fajok 43%-a található ebben az alacsony és nyitott, mezőgazdasági munkákkal kevésbé zavart vegetációban, amit a gyepek jelent.

Frame (1992) közlése szerint, angliai viszonyok között, juhoknál a szilárd ürülék napi 1-1,5 kg/legelőjuh, ami napi 6-8 ürítéssel 0,1-0,2 trágya kg/ürítésből adódik össze. Ez a legeltetési időre számítva 300-700 kg (körülbelül 200-400 kg szárazanyag) trágyát jelent. A legelőterület juhtrágyával való várható lefedése 0,05-0,07 m² állatonként. A vizelet 1-2 liter/juh/nap 15-20 ürítés mellett. A lefedésről nem közöl adatokat. A tejelő marha az évi 200 napos legeltetési időben 5500-6500 kg (700-800 kg szárazanyag) bélsarat választ ki, ami napi 10-12 ürítéssel 25-35 kg/nap friss trágyát jelent. Ez a mennyiség napi 0,6-0,7 m² legelőterület lefedéssel számolva, legeltetési időnyenként 100-130 m² legelőterület trágyázásának felel meg legelő állatonként. A legeltetési időben tehenenként 100 m² terület lefedése érhető el naponta 10-12 ürítéssel számolva, összesen 20-25 liter/állat/nap vizelet kiválasztással.

Összegezve megállapítja, hogy a bélsárral és vizelettel legelő állatonként 700-800 kg N/ha, 200-500 kg P₂O₅, ill. 250-400 kg K₂O/ha terhelés, míg a vizelettel

hektáronként 300-450 kg N, 25-50 kg P₂O₅ és 700-800 kg K₂O foltszerű terhelés érheti a talajt (Frame 1992).

Nagy és Vinczeffy (1997) pányvázásos legeltetéssel mérte a tejelő marha trágyatermelését és annak hatását a gyepterhozamára. Adataikat összevetve egy 1956 és 1996 között közölt kutatási eredmény alapján, azt kapták, hogy a 16 szerző átlagában a bélsár ürítés 36 a vizelet 20 kg/ha, a napi hatóanyag kijuttatás pedig N 250; P₂O₅ 120; K₂O 270; g/nap. Adataikból megállapították, hogy a területre jutó ürülék hatására évről évre javul a gyepterhozama és annak ütemében javul az állattartó képesség.

Szopkó és Barcsák (1992) összehasonlító kísérletben megállapítja, hogy a 20 t/ha szerves trágyázással nyert 22 t/ha fűtermés hozama megegyezik az 50 kg/ha/év NH₄NO₃ műtrágya 23 t/ha fűtermésével, míg a 40 t/ha kezelés 30 t/ha zöld hozama a 100 kg/ha/év NH₄NO₃ adag 30 t/ha termésével. Szerzők vizsgálatait a *Festuca arundinacea* (Nádképű csenkesz) vezérnövényű gyepter történetek.

Csizi és Monori (2005) 20-40-60 t/ha túlérlett juhtrágya hatását vizsgálva megállapította, hogy a 20 t/ha dózis kedvezően befolyásolja a növény állomány faji összetételét, a 40 t/ha pedig már a termést is növeli mintegy 30%-al. A 60 t/ha trágya adag nem eredményez olyan fokú változásokat, ami indokolná az alkalmazását.

Vinczeffy (2005) szerint a 60 kg súlyú anyajuh 7 kg/nap körüli vízszükségletét a legeltetett fű vegetatív vízkészlete mintegy 60%-ban kielégítheti 3,0-3,7 kg/nap itatás mellett. A hortobágyi legelők gyógynövényeiben a K 3,23%; Ca 1,42%, Fe 179 mg/kg, Mn 54 mg/kg, Zn 29 mg/kg, Cu 8,5 mg/kg mennyiséget tett ki a szárazanyagban. A mikroelemek tartalma összességében 78%-kal múlta felül a fűvek és a pillangósok átlagát. „A legelők és rétek vegyes növényzetének fehérje tartalma azonos a pillangósok átlagával és meghaladja a fűfélékét. Végeredményben a természetes gyepek teljes értékű takarmányai a legelőn kialakult állatoknak” – állapítja meg.

Összefoglalóan elmondható, hogy a trágya érvényesülését az éghajlat és a talajfauna befolyásolja alapvetően, hisz a trágyának be kell jutnia a talajba, a gyökerekkel átszőtt felső rétegbe. A trágyaborítás az állatsűrűség függvényében 1-5%-ra tehető éves szinten. Különösen száraz vidékeken nagy a foltterhelés, a trágya nehezen bomlik. A trágyahatás tekintetében ellentmondásosak az adatok. A hullott trágya egyenetlenül oszlik el legeltetés közben és nagyok a N-veszteségek, a trágya-N érvényesülése kicsi. A N körforgalma a legeltetésnél nem zárt, a N mozgása a talaj-növény-állat rendszerben tehát nem nevezhető „gazdaságosnak”. A legeltetés trágyahatása ritkán mutatható ki a fenti okok miatt, hiszen az első minimumban általában a N van a gyepek táplálásában, melynek döntő része elveszhet. Ezért is nagyok a N-hatások a műtrágyázási kísérletekben. A továbbiakban a saját vizsgálataink első eredményeit ismertetjük, melyeket ősgyepeken végeztünk 2005-ben.

A gazdálkodás ismertetése

Az Öko Major Kft., valamint a szomszédos területek ősgyepein, a Berettyó árterein téli-nyári legeltetésre alapozott nomád pásztorkodást folytat mintegy 1000 ha természetvédelmi gyepter. Az 5-10 cm hóréteg még nem zavarja a legelő rackát.

Az extenzív juhászati telepre év végén, az új év elején hajtják vissza a nyáját, hogy az állomány felkészüljön az ellésre. A juhok március elejével ellenek úgymond a „zöld füre”. A bárányok 40-45 napig maradnak az anyjukkal, majd áprilisban a fejés indulásával elválasztják őket. A választáskorú bárányok 10-12 kg-osak. Az átlagosan 2000-3000 db, főként tejhasznú gyimesi racka 1998-2000 között került az extenzív telepre.

A legeltetett anyajuh állomány a napi fejés miatt a közeli gyepeken marad, ill. áprilistól augusztusig naponta behajtják a legelőről. Ha elfogy a fű augusztusban a kisülési időszak miatt, akkor befejezik a fejést és megkezdődik a folyamatos terelgető pásztoroló legeltetés az addig nem hasznosított vagy korábban kaszált legelőkön. A gyeptermetés tömege tehát meghatározó a tejelési időszak hosszára. A kötött szikes talaj esetenként csupán 1-2 AK (aranykorona) minőségű, az aprócsenkeszes gyepek hozama függ az évjárattól, csapadéktól. Termésnövelő beavatkozások a védett területeken nem alkalmazhatók, hatékonyság a legeltetési technológia optimalizálásával javítható.

A gazdaság véleménye szerint a legelő nemcsak jó levegőt, napfényt, mozgási lehetőséget biztosít a fiatal állatok egészséges neveléséhez, hanem kiváló minőségű fűvet is terem. Az ősgyepek növényflórája rendkívül gazdag, itt mintegy 200 növényfaj fordul elő. A gyógyhatású és antibakteriális növényi hatóanyagok a tejsírban is megjelennek. Növényeket az állatok akkor legelik le, amikor nagy a tápértékük, fehérjében gazdagok és kiváló az emészthetőségük. Az állattartás gazdaságos és az élömunka hatékony az uralkodó aprócsenkeszes legelőkön.

A tejelés ideje alatt szakaszos legeltetés folyik a közeli gyepeken, ahol 16 db 5 ha-os legelőkert és 16 ha báránynövelő kert, valamint egy 90 ha-os egybefüggő legelőkert van kialakítva. A legelőkerteket az aszálykár kivédése és a nagyobb termés elérése érdekében öntözik. A kertek növényállományát a tisztán telepített zöld pántlikafű, ill. vöröshere és a betelepült őshonos legelőfű keveréke alkotja. A 186 ha-os terület 17 km villanypásztorral van felszerelve. Az 5-6 hónapos fejési időszak alatt a juhokat szakaszosan legeltetik a legelőkertben, mely fagymentes labdás önitatóval van ellátva mészpadon, hogy elkerüljék a lábvég betegségeit. Fejéskor 20-30 dkg csalogatóabrákot (szárított répaszelet, kukorica, árpa vagy zab) kapnak az állatok. Ezen túlmenően tápanyagszükségletüket legeléssel kell fedezniük, melyre a két fejés között nyolc óra áll rendelkezésükre. A fejés 6 és 16 órakor történik 50 fejőállásos karusszelben. Az állományt 4 ember 4 óra alatt feji meg. Az évi átlagos tejtermés választás után 55-60 l/anyajuh.

A *Magyar Juhtej Szövetkezet Cserkeszőlő* gazdálkodó tagja cigája és lacaune fajtákat tart 1999 óta több száz hektáros ősgyepen, 200 anyajuhot legeltetve. A juhászat kettős hasznosítású, juhtej és pecsenyebárány félintenzív tartástechnológia mellett. A tejhozam 144 l/laktáció/db, az átlagos bárányhozam 1,3-1,4 db/anya. A nyári takarmányozás legelőre alapozott, indokolt esetekben 40 dkg/nap kukorica abrakkal kiegészítve. A kiegészítés az ellésre való felkészítés idején, augusztus 15-szeptember 30. közötti időszakra, valamint a tenyészkos, növendék és a gyenge egyedek számára a legeltetés időtartamára is vonatkozik. Legeltetési idő az aprócsenkeszes legelőn március közepétől november végéig tarthat az időjárástól függően.

Novembertől márciusig adagolt téli takarmányok a lucernaszéna, gypszéna, répaszelet, melasz és a célirányos abrakkeverékek mint a tejelőtáp, báránytáp. A

napi kiosztás 5 és 15 órákor történik. Alkalmazott technológiai elemek: szénarácsok, itatóvályúk, abrakos vályúk, rövid szerfaszerkezetes juhodály és a mész padozattal ellátott bekerített kifutók. Fejés a parallel állásokkal ellátott dobogós fejőpadon történik, mely a tejet zárt rendszerben viszi be a hűtőbe. A fejés márciustól augusztus végéig, a növendék nevelése márciustól június közepéig, a vemhes anyák ellésre való felkészítése decembertől január közepéig, az elletés pedig januártól február közepéig tarthat általában.

A lehullott csapadék mennyisége januárban 11, februárban 54, márciusban 37, áprilisban 67, májusban 44, júniusban 67, júliusban 151, augusztusban 119 szeptemberben 47 mm-t tett ki. A kisülési időszak elmaradt 2005-ben a szokatlanul bőséges júliusi és augusztusi esők miatt. Az átlagos állatlétszám 3-4 db/ha volt, míg az átlagos tejtermelés 47-54 kg/anyajuh mennyiséget tett ki. Az egy anyajuhra vetített hozamok az alábbiak szerint alakultak 2005-ben: bárány 0,8 db; gyapjú 3 kg, termelési érték 16-17 eFt/év, termelési költség 8,5-11,0 eFt/év, nettó jövedelem 6,0-7,6 eFt/év.

A kísérlet módszere

Ahhoz, hogy a juhtrágya környezetre gyakorolt hatását megítéljük, mindenek előtt a trágya összetételét kell megismerni. Mivel ilyen átfogó vizsgálatok hazánkban nem folytak és erre vonatkozó részletes adatközlést az elérhető külföldi irodalomban sem találtunk, vizsgálatainkat kiterjesztettük nemcsak a fontosabb makro- és mikrotápelemekre, hanem a környezetre esetleg káros, toxikus elemekre/nehézfémekre is. A mintavételi terv magában foglalta az eltérő korú, ill. eltérő körülmények között tárolt trágyák begyűjtését. Minden esetben párhuzamos átlagmintákat vettünk, egy-egy átlagmintát 25-25 részmintából állítottunk össze.

Hasonló módon 25-25 lefúrással képeztünk átlagmintákat a feltalaj jellemzésére. Párhuzamos átlagmintákat vettünk a trágyaterhelési foltokon, az adagoló legeltetéssel terhelt területeken (itató, felhajtó út, pihenő karám), valamint a terelgető/pásztoroló gyepterületeken. A legelő 2 pontján mélyfúrásokat végeztünk a 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 cm talajrétegeket érintve. Talajmintákban az agronómiai és környezeti szempontból fontos NH_4 -acetát + EDTA oldható elemkészletet kísértük figyelemmel, valamint meghatároztuk az alapvető egyéb termőhelyi alaptulajdonságokat is mint a pH, kötöttség, humusz, CaCO_3 , „összes só”.

2005. április elején trágyázási kísérletet indítottunk a két nemzeti park területén azonos kísérleti sémával, hogy az eredmények összevethetők legyenek. A parcellák $5 \times 5 = 25 \text{ m}^2$ alapterületűek. Műtrágyázási kezelések az ún. klasszikus hiánykísérleti sort követik (Kontroll, N, P, K, NP, NPK), hogy a trágyahatások, ill. a talaj feltöltöttsége szabatosan megállapítható legyen. A 6 kezelést 3 ismétlésben és latin téglarendezésben állítottuk be, mely kiegészül a juhtrágya vizsgálatával, így $7 \times 3 = 21$ parcellás kísérletekkel dolgozunk. A N 100 kg/ha/év N, a P 100 kg/ha/év P_2O_5 , a K 200 kg/ha/év K_2O adagot, míg a juhtrágya 10 t/ha/3év mennyiséget tett ki. Trágyázás előtt a kísérleti területről párhuzamos átlagmintákat vettünk a feltalajból, ill. a kísérlet szegélyében mélyfúrásokat végeztünk 1 m mélységig 20 cm-enként. A trágyát parcellánként kézzel szórtuk ki a sarjadó gyepre, bemunkálás nem történt.

Egy hónappal később, 2005. május 11-én a kísérleti parcellák növényeit mintáztuk. Megállapítottuk 0,5 m²-es mintavételek alapján a növények friss és légszáraz tömegét, légszárazanyag %-át, majd a széna fontosabb makro- és mikroelemeinek meghatározására került sor. A mintavétellel egyidőben állománybonítást is végeztünk fejlettségre, ill. a botanikai összetételt is felvételeztük. Laboratóriumi vizsgálatok az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében történtek az alábbi feltérési módszerekkel és az ICP technika felhasználásával:

1. Növény: 0,5 g bemért légszáraz anyaghoz 5 cm³ cc.HNO₃ + 1 cm³ cc.H₂O₂ adagolása, majd 15 perces ronsolás a mikrohullámú berendezésben. Elemek mérése ICP készülékkel.
2. Juhtrágya: 0,5 g bemért légszáraz anyaghoz 5 cm³ cc.HNO₃ + 1 cm³ cc.H₂O₂ adagolása, majd 30 perces ronsolás a mikrohullámú berendezésben. Elemek mérése ICP készülékkel.
3. Talaj: 5 g bemért talajhoz 50 cm³ NH₄-acetát + EDTA kirázó oldat az oldható elemtartalom meghatározásához *Lakanen és Erviö (1971)* szerint. Elemek mérése ICP készülékkel. A pH, CaCO₃, humusz, kötöttség, összes só, NH₄-N és NO₃-N *Baranyai et al. (1987)* által ismertetett módszerekkel.
4. Összes N: 0,5 g bemért légszáraz növényhez (vagy 1,0 g talajhoz) 10 cm³ cc. H₂SO₄ + 2 cm³ cc. H₂O₂ adagolása az MSz 20135 (1999) szerint.
5. Szerves anyag: (Tyurin szerint) 0,2-1,0 g talajhoz 10 cm³ kénsavas K-bikromát, majd Mohr sóval titrálás.

Talajvizsgálati eredmények

A Hortobágyi Nemzeti Parkkal szomszédos Bakonszeg térségében vizsgált talajszelvényeinek adatait a 3. táblázat foglalja össze. A réti szolonyec genetikai típusba tartozó ösgyep feltalaja agyag mechanikai összetételű, mészhiányos, enyhén savanyú, humuszban gazdag. A mélységgel a kötöttség és a pH emelkedik, az 1 m körüli rétegben már 12-13% CaCO₃ található és a nehéz agyag erősen lúgos reakciót jelez. A szervesanyag készlete ugyanitt 1/10-ére zuhan, viszont 4-5-szörösére ugrik az „összes só” mennyisége. Az NH₄-acetát + EDTA oldható Ca, Mg, Na, S, Sr, B elemek mennyisége általában egy nagyságrenddel megnő az 1 m körüli rétegben, mely a feltalaj kilúgzására utal ezen elemekben.

A Mn és a Ba felhalmozódási maximumát a 20-40, míg a mobilisabb Cr akkumulációs csúcsát a 40-80 cm réteg jelzi. A 0-20 cm feltalaj a leggazdagabb az alábbi elemekben: Fe, K, Al, P, Ni, Pb, Cu, Co, Zn. A Cd egyenletesen oszlik meg a talajszelvényben 0,1 mg/kg koncentrációban. Az NH₄-N és a NO₃-N formák csökkenő tendenciát mutatnak a mélységgel, felhalmozódási maximumuk a 20-40 cm-ben mérhető. Megemlítjük, hogy az NH₄-acetát + EDTA oldható Se a 0,6, As 0,4, Hg 0,1, Mo 0,04 mg/kg kimutathatósági határ alatt maradt.

A Kiskunsági Nemzeti Parkkal szomszédos Cserkeszölő térségében vizsgált talajszelvények eredményeit a 4. táblázat tekinti át. A főbb talajtulajdonságok tekintetében a két termőhely hasonló vagy közelálló talajt reprezentál, a réti szolonyec genetikai típusát. A feltalaj itt is agyag mechanikai összetételű, mészhiányos, gyengén savanyú, humuszos. A mélységgel nő a pH, megjelenik a

CaCO₃, mely 21%-ot ér el a 80-100 cm-es rétegben. A szervesanyag készlete csökken, míg az „összes só” a 40-80 cm-es rétegben dúsul. Az NH₄-acetát + EDTA oldható Ca, Mg, S, Sr, Ba, Cr elemek a 80-100 cm-es rétegben akkumulációs maximumot jeleznek. A Ni viszont a 20-40 cm, a K és Mo a 20-60 cm, a Na és B a 40-60 cm rétegekben dúsult. Az NH₄-N és a NO₃-N formák mennyisége a 80 cm-ig csökken, majd ismét emelkedik az 1 m körüli rétegben. A NO₃-N készlete csupán ¼-e a Bakonszegen mértnek.

3. táblázat Bakonszeg talajszelvényének vizsgálati eredményei 2005-ben

| Vizsgált jellemzők (1) | Mértékegység (2) | Talajmintavétel mélysége, cm (3) | | | | | |
|--|------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|--------|-----------|
| | | 0-20 | 20-40 | 40-60 | 60-80 | 80-100 | Átlag (4) |
| Kötöttség (5) | K _A | 52 | 51 | 61 | 72 | 76 | 62 |
| CaCO ₃ | % | 0 | 3 | 10 | 13 | 12 | 7 |
| pH(H ₂ O) | | 6,4 | 8,2 | 9,0 | 9,2 | 9,2 | 8,4 |
| pH(KCl) | | 5,6 | 7,1 | 7,7 | 7,9 | 8,0 | 7,2 |
| Humusz (6) | % | 4,41 | 1,62 | 0,82 | 0,71 | 0,45 | 1,60 |
| Össz. só (7) | % | 0,05 | 0,09 | 0,17 | 0,28 | 0,22 | 0,16 |
| NH ₄ -acetát+EDTA oldható elemkészlet (8) | | | | | | | |
| Ca | % | 0,40 | 1,27 | 3,28 | 4,83 | 4,05 | 2,77 |
| Mg | % | 0,09 | 0,16 | 0,24 | 0,28 | 0,30 | 0,22 |
| Na | % | 0,03 | 0,11 | 0,20 | 0,26 | 0,27 | 0,17 |
| Mn | mg/kg | 319 | 548 | 436 | 289 | 286 | 376 |
| Fe | mg/kg | 557 | 227 | 108 | 97 | 81 | 214 |
| S | mg/kg | 16 | 30 | 163 | 371 | 382 | 192 |
| K ₂ O | mg/kg | 255 | 175 | 149 | 154 | 136 | 174 |
| Al | mg/kg | 142 | 117 | 113 | 99 | 93 | 113 |
| Sr | mg/kg | 15 | 28 | 64 | 76 | 75 | 52 |
| Ba | mg/kg | 38 | 56 | 27 | 14 | 15 | 30 |
| P ₂ O ₅ | mg/kg | 54 | 12 | 17 | 16 | 12 | 22 |
| Ni | mg/kg | 8,8 | 8,1 | 4,2 | 3,3 | 4,4 | 5,8 |
| Pb | mg/kg | 7,1 | 6,0 | 5,1 | 5,2 | 5,0 | 5,7 |
| Cu | mg/kg | 7,9 | 5,9 | 3,8 | 3,2 | 2,7 | 4,7 |
| B | mg/kg | 0,7 | 2,2 | 3,4 | 4,2 | 4,0 | 2,9 |
| Co | mg/kg | 4,3 | 4,6 | 2,0 | 1,5 | 1,8 | 2,8 |
| Zn | mg/kg | 4,8 | 1,2 | 1,0 | 0,3 | 0,4 | 1,6 |
| Cr | mg/kg | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,3 |
| Cd | mg/kg | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| NH ₄ -N | mg/kg | 11,2 | 12,5 | 5,5 | 2,8 | 4,4 | 7,3 |
| NO ₃ -N | mg/kg | 5,7 | 9,7 | 7,1 | 3,8 | 5,5 | 6,4 |

Megjegyzés: Se 0,6, As 0,4, Hg 0,1, Mo 0,04 mg/kg kimutathatósági határ alatt maradt

Table 3: Data of the soil analysis at Bakonszeg in 2005. Means of two core samples. Measured parameters (1), Measuring units (2), Depth of soil sampling in cm (3), Mean (4), Water-holding capacity in (w/w) % (5), Humus (6), „Total salt” (7), NH₄-acetate + EDTA soluble element content according to Lakanen and Erviö (1971) (8).

Note: Under detection limit: Se 0.6, As 0.4, Hg 0.1, Mo 0.04 mg/kg.

4. táblázat Cserkeszőlő talajszelvényének vizsgálati eredményei 2005-ben

| Vizsgált jellemzők (1) | Mértékegység (2) | Talajmintavétel mélysége, cm (3) | | | | | |
|--|------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|--------|-----------|
| | | 0-20 | 20-40 | 40-60 | 60-80 | 80-100 | Átlag (4) |
| Kötöttség (5) | K _A | 51 | 52 | 62 | 62 | 59 | 57 |
| CaCO ₃ | % | 0 | 0 | 3 | 11 | 21 | 7 |
| pH(H ₂ O) | | 6,7 | 8,3 | 9,2 | 9,4 | 9,3 | 8,6 |
| pH(KCl) | | 6,0 | 7,2 | 8,0 | 8,2 | 8,0 | 7,5 |
| Humusz (6) | % | 4,02 | 2,11 | 1,65 | 0,88 | 0,62 | 1,85 |
| Össz. só (7) | % | 0,04 | 0,16 | 0,19 | 0,19 | 0,10 | 0,13 |
| NH ₄ -acetát+EDTA oldható elemkészlet (8) | | | | | | | |
| Ca | % | 0,20 | 0,17 | 0,85 | 2,93 | 6,98 | 2,23 |
| Mg | % | 0,05 | 0,18 | 0,49 | 0,73 | 1,08 | 0,51 |
| Na | % | 0,03 | 0,18 | 0,22 | 0,20 | 0,13 | 0,15 |
| Mn | mg/kg | 367 | 433 | 366 | 167 | 80 | 282 |
| K ₂ O | mg/kg | 201 | 364 | 363 | 229 | 142 | 260 |
| Fe | mg/kg | 701 | 251 | 160 | 85 | 82 | 256 |
| S | mg/kg | 28 | 105 | 230 | 227 | 130 | 144 |
| Al | mg/kg | 177 | 150 | 135 | 86 | 60 | 122 |
| Sr | mg/kg | 8 | 11 | 56 | 113 | 142 | 66 |
| Ba | mg/kg | 16 | 13 | 17 | 27 | 42 | 23 |
| P ₂ O ₅ | mg/kg | 32 | 10 | 17 | 13 | 8 | 16 |
| Ni | mg/kg | 7,4 | 15,0 | 11,5 | 3,4 | 1,1 | 7,7 |
| B | mg/kg | 0,6 | 7,6 | 11,8 | 6,6 | 2,2 | 5,8 |
| Pb | mg/kg | 7,9 | 4,6 | 5,0 | 5,3 | 4,3 | 5,4 |
| Cu | mg/kg | 8,3 | 8,6 | 5,3 | 2,2 | 1,9 | 5,3 |
| Co | mg/kg | 4,1 | 5,0 | 4,0 | 1,4 | 0,4 | 3,0 |
| Zn | mg/kg | 3,5 | 0,8 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,2 |
| Cr | mg/kg | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,2 |
| Mo | mg/kg | 0,1 | 0,2 | 0,2 | <0,1 | <0,1 | 0,1 |
| Cd | mg/kg | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| NH ₄ -N | mg/kg | 7,9 | 8,5 | 7,0 | 2,0 | 6,6 | 6,4 |
| NO ₃ -N | mg/kg | 2,1 | 1,1 | 1,8 | 0,9 | 1,5 | 1,5 |

Megjegyzés: Se 0,6, As 0,4, Hg 0,1 mg/kg kimutathatósági határ alatt maradt

Table 4: Data of the soil profile analysis at Cserkeszőlő in 2005. Means of two core samples.

Measured parameters (1), Measuring units (2), Depth of sampling in cm (3), Mean (4), Water-holding capacity in (w/w) % (5), Humus (6), "Total salt" (7), NH₄-acetate + EDTA soluble element content (8). Note: Under detection limit: Se 0.6, As 0.4, Hg 0.1 mg/kg.

Külön vizsgáltuk a felhajtó utak, itatók, pihenő karámok feltalaját is 2005-ben, hogy a foltszerű trágyaterhelés mértékét megítéljük. Cserkeszőlő térségében érdemi trágyaterhelés nem volt kimutatható. A juhtenyésztő a közelmúltban (1999-ben) kezdte meg tevékenységét mintegy 200 cigája anyajuh beállításával. Az eltelt rövid idő és a csekély állatlétszám hatása még nem jelentkezett a feltalaj összetételében, ezért az adatok átlagát közöljük az 5. táblázatban.

5. táblázat Foltyszerű trágyaterhelés Bakonszeg területén, valamint a Cserkeszőlői terület átlaga a 0-20 cm rétegben 2005-ben

| Vizsgált jellemzők (1) | Mértékegység (2) | Bakonszeg, trágyaterhelés megnevezése | | | | Cserkeszőlő Átlaga (8) |
|---|------------------|---------------------------------------|-------------|---------------|--------------------|------------------------|
| | | Felhajtó út (4) | Itató-1 (5) | Pih. karám(6) | Kísérleti ter. (7) | |
| Kötöttség(9) | K _A | 57 | 63 | 56 | 52 | 46 |
| CaCO ₃ | % | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| pH(H ₂ O) | | 7,3 | 7,2 | 6,1 | 5,6 | 6,0 |
| pH(KCl) | | 6,8 | 6,8 | 5,5 | 4,7 | 4,8 |
| Humusz(10) | % | 5,53 | 6,88 | 7,19 | 6,63 | 4,37 |
| Össz. só (11) | % | 0,07 | 0,16 | 0,16 | 0,04 | <0,02 |
| NH ₄ -acetát + EDTA oldható elemkészlet (12) | | | | | | |
| Ca | % | 0,87 | 1,47 | 0,52 | 0,38 | 0,15 |
| Mg | % | 0,11 | 0,13 | 0,10 | 0,09 | 0,05 |
| K ₂ O | % | 0,11 | 0,22 | 0,10 | 0,03 | 0,02 |
| Fe | mg/kg | 336 | 791 | 710 | 841 | 440 |
| P ₂ O ₅ | mg/kg | 558 | 940 | 319 | 112 | 19 |
| Mn | mg/kg | 327 | 240 | 301 | 258 | 384 |
| Na | mg/kg | 103 | 327 | 48 | 270 | 341 |
| Al | mg/kg | 78 | 98 | 130 | 169 | 207 |
| S | mg/kg | 37 | 145 | 58 | 28 | 18 |
| Ba | mg/kg | 40 | 25 | 39 | 34 | 14 |
| Sr | mg/kg | 27 | 25 | 22 | 14 | 7 |
| Zn | mg/kg | 8,7 | 33,3 | 5,6 | 6,4 | 4,2 |
| Ni | mg/kg | 6,7 | 6,7 | 7,6 | 8,3 | 8,1 |
| Cu | mg/kg | 6,5 | 7,4 | 7,3 | 8,2 | 7,6 |
| Pb | mg/kg | 6,6 | 6,3 | 6,3 | 7,1 | 7,0 |
| Co | mg/kg | 3,2 | 2,3 | 3,4 | 4,0 | 4,4 |
| B | mg/kg | 2,2 | 2,1 | 0,8 | 0,5 | 0,7 |
| Cd | mg/kg | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| Cr | mg/kg | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| Mo | mg/kg | 0,07 | 0,04 | <0,04 | <0,04 | 0,07 |
| NH ₄ -N | mg/kg | 8,9 | 15,9 | 58,4 | 12,6 | 7,9 |
| NO ₃ -N | mg/kg | 14,4 | 47,9 | 85,9 | 7,2 | 2,1 |

Megjegyzés: Se 0,6, As 0,4, Hg 0,1 kimutathatósági határ alatt

Table 5: Manure spot loads at Bakonszeg and grassland average at Cserkeszőlő in 0-20 cm soil layer, 2005. Measured parameters (1), Measuring units (2), Manure spot loads in Bakonszeg (3), Passageway (4), Watering-place (5), Sheep-pen (6), Area for grazing and fertilizer trial (7), Mean for Cserkeszőlő (8), Water-holding capacity in (w/w) % (9), Humus (10), „Total salt” (11), NH₄-acetate + EDTA soluble element content (12). Note: Under detection limit: Se 0.6, As 0.4, Hg 0.1 mg/kg.

Bakonszegen a foltyszerű trágyaterhelés mértéke az alábbiak alapján becsülhető. A felhajtó utakon naponta 2-szer átlagosan 700-1200 db anyajuh halad át májustól szeptemberig. Az egyes itatók környékén 700 db körüli anyajuh delel 5

ha-os legelőként 2 napig, naponta 3-4 óra időtartammal májustól szeptemberig. A nyitott pihenőkarámban napi 4-6 órát tartózkodik átlagosan 200 db állat egész évben. A biogazdálkodás irányelvei szerint a bélsárral és vizelettel kijuttatott összes N nem haladhatja meg a 170 kg/ha/év mennyiséget. Ez 13 anyajuh/ha állatsűrűséget enged meg a legeltetés során. A trágyaterhelés tükröződik a talajtulajdonságokban. A kísérleti legelőterülethez, ill. Cserkeszőlő átlagához viszonyítva megemelkedett a pH értéke, különösen a felhajtó út és az itató talajában. A mészpados itató 3% körüli CaCO_3 tartalommal rendelkezik. A talaj 7% feletti szervesanyag készlete a pihenő karám alatti akkumulációt mutatja. Ugyanitt, valamint az itató alatti talajban éri el maximumát a sók, az elektrolitok mennyisége a trágyaterhelés nyomán. A mészpados itató természetszerűleg az NH_4 -acetát + EDTA oldható Ca és Mg készletben is dúsul (5. táblázat).

Wolff (1872) számos vizsgálat adatait értékelve arra utal, hogy a juhok friss vizelete átlagosan 1,95% N; 1,88% K; 0,40% Na; 0,20% Mg; 0,12% S és 0,11% Ca összetétellel rendelkezhet. Mivel a N nagyobb része elveszhet, a vizelet az almos trágyához hasonlóan elsősorban K-forrást jelent. Amint az 5. táblázatban látható, az NH_4 -acetát + EDTA oldható K_2O készlete a feltalajban Cserkeszőlő átlagában 200, a bakonszegi legelőn/kísérleti területen 300 mg/kg körüli értéket mutat. A 200-300 mg/kg oldható K_2O tartalom e módszerrel mérve már kielégítő K-ellátottságra utal agronómiai szempontból (Kádár 1993, Csathó 2004).

A foltszerű trágyaterhelés eredményeképpen az oldható K_2O készlete a pihenő karám feltalajában 1000, a felhajtó út 0-20 cm felső rétegében 1100, míg az itató feltalajában 2200 mg/kg, azaz 0,22%-ra ugrik, nagyságrendbeli emelkedést okozva. Hasonlóan nagyságrenddel nőtt meg az oldható P_2O_5 készlete, valamint a talaj S és Zn tartalma. A kívánatos „kielégítő” P-ellátottság agronómiai szempontból a 80-100 mg/kg P_2O_5 tartalom volna hasonló meszes talajon. A kiugró S-tartalom a trágyaterhelést tükrözheti, míg az extrém 33,3 mg/kg oldható Zn-készlet további magyarázatra szorul. A Zn általában mozgékonyabb savas mint lúgos talajokban, pH 7 fölött felvehetetlen forma az uralkodó. Az Na-alkalikus talajokban azonban jól oldódó Na-Zn vegyületek képződnek, ezért a szódás lúgossággal nő a Zn felvehetősége. A pH-t e talajokon nem tekintjük irányadónak (Buzás et al. 1979).

Ahhoz, hogy az 5. táblázatban mért egyéb elemek készletét kellően megítélhessük, összehasonlításként közöljük a termékeny mezőföldi meszes vályog csernozjom (Nagyhőrcsöki Kísérleti Telep) szántott rétegének jellemzőit: K_A 40, pH(H_2O) 8,0; pH(KCl) 7,8; CaCO_3 5%; humusz 3,1%; „összes só” <0,02. Az NH_4 -acetát + EDTA oldható elemkészlet az alábbiak adódik mg/kg talajban: Mn 420, Mg 372, K_2O 160, P_2O_5 80, Fe 70, Al 70, Sr 23, S 20, Ba 20, Na 15, Pb 5, Cu és Ni 4, Co és B 3, Zn 1-2, Cr és Mo 0,1 alatt. Amint az összevetésből látható, Bakonszeg és Cserkeszőlő talajaiban eredendően több az oldható Mg, a Fe és Na nagyságrenddel nagyobb készletet mutat, de emelkedett a Zn, Cu, Ni nehézfémek koncentrációja is a mezőföldi vályog csernozjom szántott rétegéhez képest.

Mezőföldi csernozjom talajunkon a KCl-dal kicserélhető NH_4 -N 5-10 mg/kg, a NO_3 -N 10-20 mg/kg közötti értékeket mutat trágyázatlan talajon, átlagos években. Amennyiben feltesszük, hogy a talaj 1,5 kg térfogattömegű, az 1 ha szántott réteg mintegy 3 millió kg ha-ra vetítve, úgy 1 mg/kg 3 kg-nak adódik. A feltalaj tehát 30-60 kg/ha NO_3 -N-t szolgáltathat a növénynek. Bakonszegen az itató és a pihenő

karám talajában az $\text{NH}_4\text{-N}$ 16, ill. 58 mg/kg értékre, míg a $\text{NO}_3\text{-N}$ kereken 48, ill. 86 mg/kg értékre emelkedett. A feltalaj tehát e számítás szerint 144, ill. 258 kg/ha, a gyepterület számára közvetlenül asszimilálható N-t tartalmaz. További mélyfúrásokkal kell tisztázni az altalaj, a talajprofil $\text{NO}_3\text{-N}$ készletének, a $\text{NO}_3\text{-N}$ bemosódásának alakulását. Fennáll természetszerűen a talajvíz NO_3 szennyeződésének lehetősége is.

A juhtrágyaminták vizsgálatának eredményei

A Bakonszeg és Cserkeszlő juhászatokban gyűjtött különböző korú, tárolású légszáraz szalmás/almos juhtrágya átlagminták összetételéről a 6. táblázat tájékoztat. A trágyák $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ értéke általában 7-8 közötti, lúgos tartományban van. A szervesanyag a friss trágyákban 50-60% körüli, mely az idő múlásával 20-30%-ra mérséklődik, elbomlik. Jelentős eközben a N-veszteség, mely a 2,5-2,9%-ról akár az 1,0% alá csökkenhet. Általában csökkenő tendenciát jelez még a korrallal a K, P, S és a Mo, mely elemek részben kilúgzással vagy elillanással távozhatnak. Egyértelműen nő a „földes” elemek (Ca, Al, Fe, Sr, Ba), ill. néhány környezetszennyezőnek tartott mikroelem/nehézfém mennyisége (Pb, Cr, Ni, As, Co, Sn) az előregedő trágyában. A friss vagy 1-2 hónapos trágyákat még az $\text{NH}_4\text{-N}$ forma túlsúlya jellemzi, míg a 0,5-1 éves korban az $\text{NH}_4\text{-N}$ és $\text{NO}_3\text{-N}$ formák egyensúlyba kerülnek, esetleg a nitrifikáció előrehaladtával a $\text{NO}_3\text{-N}$ forma kerül előtérbe az érett istállótrágyáknál megfigyeltékhez hasonlóan.

A juhtrágya mikroelem tartalma többé-kevésbé megfelel a hasonló korú átlagos istállótrágya összetételének. Saját elemzéseink szerint az érett istállótrágyában a N és K 2,0-4,0%; Ca 1,6-4,0%; Al 0,5-4%; P 0,4-1,6%; Mg 0,4-1,2; S 0,2-0,8; Na 0,1-0,5; Fe 0,1-0,5% között ingadozott a szárazanyagban. A mikroelemek szórása ugyanitt az alábbiak adódott: Mn 120-400, Sr 40-120, Zn 20-200, Ba 20-100, B 20-40, Cu 10-100, Cr és Pb 4-22, Ni 4-15, As és Co 0,6-3,0; Mo 0,4-1,0; Se 0,1-0,8; Cd 0,1-0,2 mg/kg. A $\text{NO}_3\text{-N}$ 100-600, az $\text{NH}_4\text{-N}$ 80-300 mg/kg határok között változott. A vizsgált gazdaságokban mért juhtrágya összevetve az érett istállótrágyával tehát esetenként emelkedett As, Co, Mo és Cd készletet jelzett, míg a Se minden esetben a 0,6 mg/kg kimutathatósági határ alatt maradt. Az As, Sn és Co mindkét termőhelyen/telephelyen a 0,5-1 éves nyitott trágyakazalban nőtt meg, míg a Mo a Cserkeszlőn gyűjtött trágyában. További vizsgálatok szükségesek az okok felderítésére, ill. a mintavételi hiba kiszűrésére és becsülésére (6. táblázat).

A kisparcellás trágyázási kísérlet eredményei

A trágyázási kezelések hatását a gyepterület fejlődésére és hozamára a 7. táblázatban tanulmányozhatjuk. Bakonszeg térségében döntően a N-trágyázás növelte a zöld fű, ill. a légszáraz széna tömegét. Az állomány fejlettségére utaló bonitálási és a mért termésadatok összecsengenek. A P-trágyázás csak a N-nel együtt adva mutatott pozitív hatást. A K-trágyázás a várakozásoknak megfelelően hatástalan maradt ezen a K-mal kielégítően ellátott agyagos talajon. A N, NP és NPK kezelésekben csökkent a szárazanyag-tartalom, a fű nedvdúsabb és fiatalabb maradt élettanilag. A zöld fűtermés e kezelésekben 2-3-szorosára, míg a szénatermés átlagosan 1,5-2,2-szeresére emelkedett.

6. táblázat A Bakonszegen és Cserkeszőlőn gyűjtött különböző korú légszáras szalmás/almos juhtrágya átlagminták összetétele 2005-ben

| Vizsgált jellemzők (1) | Mértékegység (2) | Bakonszeg (3) | | | Cserkeszőlő (4) | | |
|-------------------------|------------------|---------------|--------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|
| | | 1-2 hét(5) | 1-2 hónap(6) | 0,5-1 év(7) | 1-2 hét(5) | 1-2 hónap(6) | 0,5-1 év (7) |
| Friss mintában (8) | | | | | | | |
| víz (9) | % | 82 | 57 | 59 | 69 | 67 | 57 |
| száraz.(10) | % | 18 | 43 | 41 | 31 | 33 | 43 |
| légsz.anyag(11) | % | 22 | 51 | 47 | 36 | 38 | 52 |
| Légszáraz mintában (12) | | | | | | | |
| SzervesC(13) | % | 36,5 | 33,3 | 9,00 | 30,8 | 32,8 | 20,6 |
| Szervesag.(14) | % | 63,2 | 57,5 | 15,5 | 53,4 | 56,7 | 35,6 |
| pH(H ₂ O) | | 7,24 | 7,09 | 8,21 | 7,60 | 7,47 | 7,66 |
| N | % | 2,89 | 2,52 | 0,74 | 2,50 | 2,61 | 1,66 |
| Ca | % | 1,62 | 1,62 | 10,76 | 2,00 | 1,92 | 2,25 |
| K | % | 2,08 | 1,31 | 1,61 | 3,53 | 3,02 | 2,18 |
| Al | % | 0,30 | 0,44 | 1,76 | 0,47 | 0,36 | 1,35 |
| P | % | 1,11 | 0,94 | 0,25 | 0,76 | 0,96 | 0,58 |
| Mg | % | 0,72 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,67 | 0,68 |
| Fe | % | 0,04 | 0,06 | 1,28 | 0,11 | 0,06 | 1,03 |
| S | % | 0,45 | 0,35 | 0,29 | 0,51 | 0,51 | 0,44 |
| Na | % | 0,34 | 0,14 | 0,30 | 0,34 | 0,31 | 0,32 |
| Mn | mg/kg | 497 | 455 | 348 | 311 | 330 | 411 |
| Zn | mg/kg | 121 | 111 | 68 | 92 | 140 | 82 |
| Sr | mg/kg | 79 | 77 | 100 | 103 | 99 | 153 |
| Ba | mg/kg | 69 | 69 | 90 | 50 | 47 | 97 |
| B | mg/kg | 21 | 19 | 22 | 39 | 31 | 58 |
| Cu | mg/kg | 42 | 30 | 14 | 25 | 35 | 21 |
| Pb | mg/kg | 6,1 | 3,8 | 8,3 | 3,7 | 2,9 | 7,5 |
| Cr | mg/kg | 3,6 | 5,1 | 22,6 | 6,8 | 4,7 | 20,3 |
| Ni | mg/kg | 9,2 | 7,7 | 16,0 | 7,0 | 6,5 | 13,9 |
| As | mg/kg | 1,58 | 1,62 | 6,46 | 2,30 | 1,81 | 5,99 |
| Co | mg/kg | 1,15 | 1,51 | 5,77 | 1,99 | 1,57 | 5,21 |
| Mo | mg/kg | 1,05 | 1,03 | 0,17 | 5,29 | 5,26 | 2,35 |
| Sn | mg/kg | 0,36 | <0,25 | 0,90 | <0,25 | <0,25 | 0,65 |
| Cd | mg/kg | 0,59 | 0,42 | 0,19 | 0,25 | 0,32 | 0,23 |
| NH ₄ -N | mg/kg | 212 | 384 | 195 | 292 | 364 | 465 |
| NO ₃ -N | mg/kg | 76 | 78 | 175 | 88 | 80 | 624 |

Cserkeszőlő: 1-2 hetes (fedett hodály), 1-2 hónapos (fedett hodály), 0,5-1,0 éves (nyitott trágyakazal). Bakonszeg: 1-2 hetes (legelő), 1-2 hónapos (legelő), 0,5-1,0 éves (nyitott trágyakazal)

Table 6: Average composition of sheep manures of different ages collected at Bakonszeg and Cserkeszőlő in 2005. Measured parameters (1), Measuring units (2), Bakonszeg (3), Cserkeszőlő (4), 1-2 weeks old (5), 1-2 months old (6), 0.5-1 year old (7), Fresh manure (8), Water (9), D.M. (10), Air Dried Matter (11), Air dried samples (12), Organic-C (13), Organic Matter Note: Cserkeszőlő 1-2 weeks and 1-2 months old are in covered yard.

Cserkeszölő területén, ezen az oldható P-ral gyengébben ellátott talajon csak az együttes NP trágyázás bizonyult hatékonynak. Mivel mind a N, mind a P terméslimitáló tényező, ezért a külön N és külön P kezelés eredménytelen maradt. A K-trágyázás itt is hatástalan, hisz a talaj K-szolgáltatása csaknem kimeríthetetlen. A mért adatok jó egyezést mutatnak az előzetes bonitálás eredményével. A zöld fűtömeg 2,4-szeresére, a széna tömege 1,6-szorosára emelkedett statisztikailag igazolhatóan az NP kezelésben, összevetve a trágyázatlan kontrollal. A P, NP és NPK kezelésekben drasztikusan mérséklődött a fű szárazanyag tartalma (7. táblázat).

7. táblázat Trágyázási kezelések hatása a gyepnövényzet fejlődésére és hozamára 2005. május 11-én

| Kezelések száma | jele (1) | Bonitálás állományra (2) | Zöld tömeg t/ha (3) | Légszáraz anyag % (4) | Széna t/ha (5) |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| Bakonszeg (6) | | | | | |
| 1. | Kontroll (7) | 1,0 | 5,8 | 21,7 | 1,3 |
| 2. | N | 4,0 | 12,7 | 17,3 | 2,2 |
| 3. | P | 2,7 | 6,6 | 21,4 | 1,4 |
| 4. | K | 1,0 | 6,2 | 21,6 | 1,3 |
| 5. | NP | 4,0 | 17,9 | 16,6 | 2,9 |
| 6. | NPK | 5,0 | 12,0 | 16,8 | 2,0 |
| 7. | Juhtrágya(8) | 2,0 | 6,5 | 19,7 | 1,3 |
| | SzD _{5%} (9) | 1,4 | 5,9 | 2,0 | 0,9 |
| | Átlag (10) | 2,8 | 9,7 | 19,3 | 1,8 |
| Cserkeszölő (11) | | | | | |
| 1. | Kontroll (7) | 2,0 | 6,3 | 28,1 | 1,8 |
| 2. | N | 3,7 | 6,7 | 25,9 | 1,7 |
| 3. | P | 1,7 | 6,9 | 22,1 | 1,5 |
| 4. | K | 1,3 | 5,0 | 31,0 | 1,5 |
| 5. | NP | 4,7 | 14,9 | 17,4 | 2,6 |
| 6. | NPK | 4,3 | 10,7 | 17,3 | 1,8 |
| 7. | Juhtrágya(8) | 2,7 | 4,7 | 27,1 | 1,3 |
| | SzD _{5%} (9) | 1,5 | 7,0 | 4,7 | 1,0 |
| | Átlag (10) | 2,9 | 8,7 | 24,0 | 1,8 |

Megjegyzés: N=100 kg/ha N, P=100 kg/ha P₂O₅, K=200 kg/ha K₂O évente, a juhtrágya 10 t/ha/3 évre. Bonitálás: 1=igen gyenge, 2=gyenge, 3=közepes, 4=jó, 5=igen jó állományfejllettség.

Table 7: Effect of treatment on the development and yield of meadow grass on 11th May 2005.

Number and code of treatments (1), Scoring of grass stand (2), Green mass t/ha (3), Air dried matter in % (4), Hay t/ha (5), Bakonszeg (6), Control (7), Sheep manure (8), LSD_{5%} (9), Mean (10), Cserkeszölő (11). Note: N=100 kg/ha/yr N, P=100 kg/ha/yr P₂O₅, K=200 kg/ha/yr K₂O in mineral fertilizers form, and sheep manure 10 t/ha/3 yrs. Scoring: 1=very poorly, 2=poorly, 3=medium well, 4=well, 5=very well developed stand.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a vizsgált ösnyepek hozamai a 100 kg/ha/év N és P₂O₅ hatóanyagok alkalmazásával megkétszerezhetők. Az egyszerre 3 évre kiadott 10 t/ha friss juhtrágya ugyanakkor az első évben igazolhatóan nem

növelte a gyepek termését. A szerves trágya lassan bomlik, hatóanyagai nehezen szabadulnak fel, ill. alakulnak át a növények számára felvehető formába. A trágya-N az átalakulások során jelentős veszteséget szenvedhet. Az évenkénti trágyahatások az időjárási körülmények miatt változhatnak, az első éves eredményeket ezért előzetesnek tekintjük. Felvetődik a kérdés: mennyiben módosulhat a fajdiverzitás, a gyepek botanikai összetétele a trágyázás nyomán. A további vizsgálatok során erre is keressük a választ.

8. táblázat Trágyázás hatása a légszáraz gyepszéná elemösszetételére Bakonszeg és Cserkeszőlő területén. Mintavétel 2005. május 11-én

| Elem jele (1) | Mérték egység (2) | Bakonszeg (3) | | | Cserkeszőlő (4) | | |
|--------------------|-------------------|---------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | | Kontroll(5) | NP | NPK | Kontroll(5) | NP | NPK |
| N | % | 2,78 | 3,43* | 3,19 | 1,89 | 2,83* | 2,59* |
| K | % | 2,91 | 3,27* | 3,76* | 1,96 | 2,77* | 3,12* |
| Ca | % | 0,59 | 0,57 | 0,49 | 0,77 | 0,80 | 0,64 |
| P | % | 0,42 | 0,51* | 0,47* | 0,27 | 0,44* | 0,39* |
| S | % | 0,28 | 0,38* | 0,31 | 0,26 | 0,43* | 0,35 |
| Mg | % | 0,24 | 0,27 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,24 |
| Na | % | 0,12 | 0,06 | 0,03 | 0,12 | 0,22 | 0,18 |
| NO ₃ -N | % | 0,05 | 0,09* | 0,09* | 0,05 | 0,10* | 0,06 |
| Fe | mg/kg | 207 | 144 | 178 | 294 | 317 | 202 |
| Mn | mg/kg | 220 | 148 | 173 | 200 | 152 | 377* |
| Al | mg/kg | 122 | 47 | 80 | 191 | 196 | 102 |
| Zn | mg/kg | 36 | 34 | 34 | 41 | 44 | 44 |
| Sr | mg/kg | 29 | 20 | 20 | 40 | 40 | 32 |
| Ba | mg/kg | 18 | 14 | 18 | 48 | 42 | 32 |
| B | mg/kg | 18 | 14 | 12 | 17 | 14 | 14 |
| Cu | mg/kg | 10 | 12* | 12* | 7 | 10* | 10* |
| Ni | mg/kg | 2,9 | 2,1 | 2,6 | 2,0 | 1,5 | 2,1 |
| Pb | mg/kg | - | - | - | 1,3 | 1,3 | 0,7 |
| Mo | mg/kg | 0,32 | 0,20* | 0,22* | 0,35 | 0,28 | 0,44 |
| Cr | mg/kg | 0,22 | 0,14 | 0,20 | 0,40 | 0,43 | 0,25 |
| Cd | mg/kg | 0,20 | 0,15 | 0,17 | 0,18 | 0,24 | 0,20 |
| Co | mg/kg | 0,17 | 0,14 | 0,14 | 0,21 | 0,19 | 0,62 |

Megjegyzés: As 0,4, Se 0,6, Pb 0,3, Hg 0,1 mg/kg kimutathatósági határ alatt

* - szignifikáns változás 95%-os valószínűségi szinten a kontrollhoz képest

Table 8: Effect of mineral fertilizers on the element content of meadow grasses at Bakonszeg and Cserkeszőlő on 11th May 2005. Measured elements (1), Measuring units (2), Bakonszeg (3), Cserkeszőlő (4), Control (5). Note: Under detection limit: As 0.4, Se 0.6, Pb 0.3, Hg 0.1 mg/kg. * - Significant changes compared to the control (LSD_{5%})

Megemlítjük, hogy a kijuttatott juhtrágya Bakonszegen 2,07% N; 4,30% K; 0,93% P; míg Cserkeszőlőn 1,66% N; 2,18% K; 0,58% P összetételt mutatott. A 10 t/ha/3 év adagok tehát Bakonszegen 207 kg N, 430 kg K (516 kg K₂O), 93 kg P (213 kg P₂O₅), míg Cserkeszőlőn 166 kg N, 218 kg K (262 kg K₂O), 58 kg P (133 kg P₂O₅) mennyiségnek feleltek meg a 3 évre számítva.

A termés megállapítása, ill. a mintavételeket követően a kísérleti területen a legeltetés a szokásos módon folytatódott. A kísérleti parcellák gyeptakarójának ásványi összetételéről a 8. táblázat informál. Mivel önmagában a P és K kezelések a fűvek összetételét nem módosították, csak a trágyázatlan kontroll, NP és az NPK kezeléseket szemléltetjük. A statisztikailag is bizonyítható változásokat *-gal jelöltük. A kontroll parcellák növényeit összevetve megállapítható, hogy a Hortobágyon (Bakonszeg) termőhelyen a széna gazdagabb N, K, P és Cu, valamint szegényebb Ca, Fe, Sr, Ba, Pb és Cr elemekben a Cserkeszőlő termőhelyhez viszonyítva. Az Pb Bakonszegen nem is volt kimutatható. Az As 0,4; Se 0,6; Hg 0,1 mg/kg kimutathatósági határ alatt maradt a vizsgált szénákban.

9. táblázat A gypszszena elemtartalma különböző szerzők és eltérő termesztési / hasznosítási módok szerint

| Elem jele (1) | Wolff(2) (1872) | Romasev(3) (1960) | Horváth (4) (1976, 1979) | Finck(5) (1982) | Bergmann (1992) (6) | Kádár (7) (2005) |
|---------------|--------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------|------------------------|---------------------|
| N % | 1,42 | 0,8-3,0 | 2,0-3,0 | - | 2,6-4,0 | 0,9-3,0 |
| K % | 1,10 | 1,0-3,5 | 1,5-2,0 | - | 2,0-3,0 | 1,7-3,1 |
| Ca % | 0,61 | 0,3-0,7 | 0,6-0,8 | 0,5-0,7 | 0,6-1,2 | 0,4-0,8 |
| P % | 0,18 | 0,2-0,4 | 0,26-0,34 | 0,3-0,4 | 0,35-0,60 | 0,12-0,36 |
| Mg % | 0,20 | 0,1-0,3 | 0,18-0,20 | 0,1-0,3 | 0,20-0,60 | 0,10-0,31 |
| S % | 0,10 | - | - | - | - | 0,14-0,32 |
| Na % | 0,17 | - | 0,12-0,16 | 0,1-0,2 | - | 0,01-0,07 |
| Fe mg/kg | - | - | 100-160 | 50-60 | - | 100-420 |
| Mn mg/kg | - | - | 60-100 | 50-60 | 35-100 | 80-200 |
| Zn mg/kg | - | - | 30-40 | 30-50 | 25-50 | 7-16 |
| Cu mg/kg | - | - | 8-10 | 8-10 | 5-12 | 2-6 |
| B mg/kg | - | - | 6-8 | - | 6-12 | 3-8 |

Wolff (1872): átlagos összetétel (réti széna)

Romasev (1960): a termesztési viszonyok függvényében

Horváth és Prohászka (1976, 1979): a takarmányozási szempontból optimális összetétel

Finck (1982): a tejelő tehenek számára megfelelő összetétel

Bergmann (1992): intenzíven kezelt rét/legelő terület optimális összetétele

Kádár (2005): minimum-maximum elemtartalom NPK műtrágyázási tartamkísérletben meszes csernozjom vályogtalajon (pillangós nélküli telepített gyepp).

Table 9: Element content of grass according to different Authors and depending on different growing/utilization conditions. Measured elements (1), Wolff (1872): averaged content of meadow hay (2), Romasev (1960): depending on the growing conditions (3), Horváth and Prohászka (1976, 1979): optimal values for animal need (4), Finck (1982): optimal composition for milking cows (5), Bergmann: optimal values for high yielding, intensive grassland (6), Kádár (2005): minimum-maximum content of an established all-grass hay as a function of different N, P, K supply levels. (Long-term field experiment on a calcareous chernozem soil).

Ami a trágyahatásokat illeti látható, hogy mindkét termőhelyen emelkedett a széna N, K, P, S és Cu koncentrációja az NP vagy/és NPK kezelések nyomán. Ezen túlmenően igazolható Bakonszegen a Mo csökkenése az NP és NPK, ill. a Mn emelkedése az NPK kezelésben a kontrollhoz képest. Ahhoz, hogy a vizsgált gypszszenák tápláltsági állapotát diagnosztikai szempontból megítéljük, a 9.

táblázatban áttekintést adunk a gypszena elemkészletéről különböző szerzők és eltérő termesztési/hasznosítási módok szerint. Általában elfogadott, hogy a növényi optimum és az állatok számára optimális összetétel a takarmányban közeli, vagy azonos lehet a P, S, Ca, Mg elemek tekintetében. Az állatok Na és Cl igényét csak a szikes legelő füve elégítheti ki. A takarmányok Mn, Zn, Cu, Mo, Se készlete esetenként nem felel meg az állatok élettani szükségletének *Finck (1982)* szerint.

A 9. táblázatban megadott elemkoncentrációk alapján a gypszena mindkét termőhelyen többé-kevésbé megfelelő összetételt mutat takarmányozási szempontból a főbb tápelemek tekintetében a trágyázatlan talajon, figyelembe véve *Horváth és Prohászka (1976, 1979)*, ill. *Finck (1982)* által javasoltakat. A N és P némileg alacsonyabb tartalommal rendelkezik az optimálisnál NP trágyázás nélkül, míg Bakonszegen NP, ill. NPK műtrágyázással a Na kerül a hiányzónába. Egyéb elemek koncentrációja eléri vagy meghaladja a megkívánt mértéket: K, Ca, S, Mg, Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo, Co.

Az Al, Sr, Ba fémeket mai tudásunk szerint nem tekintjük sem érdemi szennyező elemeknek, sem érdemi táplálkozás-élettani szempontból fontos anyagoknak. A Ni, Pb, Cr, Cd, Co nyomelemek általában 0,1-1,0 mg/kg tartományban mutathatók ki a füvekben. Az Pb és Cd 1 mg/kg koncentráció felett már szennyezésnek minősülhet. A $\text{NO}_3\text{-N}$ 0,25% felett, azaz 2,5 g/kg tartalmat meghaladóan nemkívánatos a takarmányban, a vizsgált termőhelyeken tehát nem mutat káros dúsulást még a NP vagy NPK kezelésekben sem. A kiegyensúlyozott tápláltságot jellemezhetjük a „normális” elemarányokkal is. A N/S, ill. K/Mg aránya 10, a N/P 7-8, a Cu/Mo 10-50, a P/Zn 50-150, a P/Mo 1000 körülire tehető. Ezek az arányok többé-kevésbé fennállnak Bakonszeg és Cserkeszlő gypszenájában. Az említett arányok is jelzik azonban Cserkeszlőn a némileg kicsi N és P ellátottságot (8. táblázat).

Összefoglalás

A Hortobágyi és a Kiskunsági Nemzeti Parkkal szomszédos és hasonló adottságú Bakonszeg ill. Cserkeszlő térségében vizsgáltuk a különböző korú, különböző módon tárolt juhtrágyák elemösszetételét, ill. trágyázás hatását a terhelt területek jellemzőire, valamint a juhtrágya és az NPK műtrágyák hatását az ősgyep termésére és ásványi elemeire. A réti szolonyec talajok feltalaja agyag mechanikai összetételű, felszínében mészhiányos/enyhén savanyú 4-5% humusztartalommal. A CaCO_3 mennyisége az 1 m-es rétegben már 12-21% körüli. Talajvizsgálatok alapján foszforral gyengén-közepesen, káliummal és egyéb makro/mikroelemekkel kielégítően ellátott volt. Főbb levont következtetéseinket az alábbiakban foglaljuk össze:

- A 3000 db tejhasznú anyajuh a felhajtó út, itatók és a pihenő karám 0-20 cm-es feltalajában jelentős trágyaterhelést okozott 1998 óta. A pH(KCl) 5,0-ról 5,5-6,8-ra, az NH_4 -acetát + EDTA oldható K 300 mg/kg-ról 1000-2200 mg/kg-ra, P_2O_5 112 mg/kg-ról 319-940 mg/kg-ra, S 28 mg/kg-ról 37-145 mg/kg-ra, a $\text{NO}_3\text{-N}$ 7 mg/kg-ról 14-86 mg/kg-ra, az $\text{NH}_4\text{-N}$ 13 mg/kg-ról 9-58 mg/kg-ra emelkedett Bakonszegen. Cserkeszlőn a 200 db anyajuh trágyaterhelése még nem volt kimutatható a legelőterület átlagához viszonyítva a feltalajban.

- A juhtrágyák összetétele közelálló volt a két vizsgált termőhelyen. A pH(H₂O) 7-8 közötti, a szervesanyag a friss trágyában 50-60%, mely 1-2 év után 20-30%-ra mérséklődhet. Korral csökkenő a N, K, P, S, Mo, míg a Ca, Al, Fe, Sr, Ba „földes” elemek mennyisége növekvő. Emelkedik a Pb, Cr, Ni, As, Co, Sn környezetszennyezőnek minősülő elemek aránya is az előregedő trágyában. Ezzel párhuzamosan az NH₄-N forma túlsúlyát felválthatja a NO₃-N forma. Összességében az almos/szalmás juhtrágya közelálló volt az általunk korábban vizsgált almos istállótrágya összetételéhez.
- Műtrágyázási kísérletben a N, ill. NP műtrágyázással a fűtermés 2-3, a szénatermés 1,5-2,2-szeresére nőtt. A K-trágyázás hatástalan maradt ezeken a kötött, K-mal jól ellátott termőhelyeken. A 10 t/ha/3 évre kiadott juhtrágya a termést nem befolyásolta. Bakonszegen a széna dúsabb volt N, K, P, Cu, valamint szegényebb Ca, Sr, Fe, Ba, Pb, Cr elemekben a Cserkeszlő termőhelyhez viszonyítva. Az NP és NPK kezeléseket mindkét termőhelyen statisztikailag is igazolhatóan nőtt a széna N, K, P, S és Cu koncentrációja. Egyidejűleg Bakonszegen emelkedett ugyanezen kezeléseket a Mn és mérséklődött a Mo koncentrációja a trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva.
- Összefoglalóan megállapítható, hogy a vizsgált ösgyepek makró-és mikroelemekben általában egyaránt gazdagok és kielégíthetik a legelő állatok ásványi elemekkel szembeni igényeit.

**Kádár I., Márton L., Ragályi P., Szemán L., Csatári G., Nagy S., Arday Á. (2007):
Effect of sheep manure and fertilization on natural grassland (Summary)**

Investigations were made on natural permanent grassland, developed on meadow solonetz clay saline soil. The soil upper 20 cm layer has a pH(KCl) 5.0-6.0; 4-5% humus and is with soluble P and N poorly, while with other soluble macro and microelements well supplied. At a depth of 1 m it has a pH (KCl) 8.0, CaCO₃ 10-20%, and “total salt” content of 0.2-0.3%. The main results and conclusions of the study:

- The Bakonszeg farm near to Hortobágy National Park had as an average of 2000-3000 milking ewes from 1998-2000. Sheep droppings made significant soil contaminations on manure loaded areas like passageway, watering-place and sheep-pen comparing to the grazed land. So, the pH(KCl) increased from 5.0 to 5.5-6.8; the NH₄-acetate + EDTA soluble K from 300 to 1000-2000 mg/kg, P₂O₅ from 112 to 319-940 mg/kg, S from 28 to 37-145 mg/kg, NO₃-N from 7 to 14-86 mg/kg, NH₄-N from 13 to 9-58 mg/kg in the upper 0-20 cm layers.
- The Cserkeszlő farm near to Kiskunság National Park had about only 200 milking ewes from the year 1999. The passageways, watering places and sheep-pens showed no significant soil contamination yet.
- The mean composition of the sheep manure samples was similar in the two investigated farms. The fresh manure had a pH (H₂O) 7-8; O.M. 50-60%. The O.M. content decreased within 1-2 years to 20-30%. The pool of N, K, P, S, Mo also diminished in the manure with the time while some “terrestrial” elements like Ca, Al, Fe, Sr, Ba and contaminating heavy metals like Pb, Cr, Ni, Co, Sn and As enhanced. Parallel with this changes the NO₃-N form overweighted the NH₄-N

form. In general the mean composition of sheep manure was close to the mineral composition of the cattle farmyard manure with usual straw bedding.

- Applying 100 kg/ha N and 100 kg/ha P_2O_5 mineral fertilizers the yield of grass lifted 2-3-fold while the hay yield 1.5-2.2-fold compared to the unfertilized control. The K-fertilizer had no effect on this on this with K well supplied sites. Neither the sheep manure of 10 t/ha/3yr dosage gave any surplus yields.

- The NP and NPK treatments stimulated significantly on both sites the N, K, P, S and Cu accumulation in the hay. The same time the content of Mn rose while the Mo dropped down in the NP and NPK plots in the Bakonszeg experiment. Generally, it can be stated that these natural permanent grasslands are well supplied with macro- and microelements and may meet the mineral element need of the grazing animals.

2. Foltyszerű trágyaterhelés hatása a talajra és növényre

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Előző munkánkban beszámoltunk arról, hogy a Hortobágyi Nemzeti Park melletti Bakonszegen mekkora foltyszerű trágyaterhelést okozott 1998 óta a *felhajtóutak*, *itatók* és a *szárnyék* feltalajában átlagosan 350-450 db tejhasznú anyajuh. A Kiskunsági Nemzeti Parkkal szomszédos Cserkeszőlő térségben a 200 db anyajuh trágyaterhelése ezzel szemben még nem volt kimutatható a legelőterület átlagos összetételéhez viszonyítva. A N és NP műtrágyázás a szénatermést 1,5-2,2-szeresére növelte az első évben ezeken a legelőkön, míg a K műtrágya és a juhtrágya a termést nem befolyásolta (Kádár et al. 2006).

Az általunk most vizsgált *pihenődomb* funkciójára az elnevezése is utal. Az állatok deleléskor, éjszaka és a téli, ill. az esős idő idején itt tartózkodnak. Télen ide teszik a szénabálákat és a szénahulladékból egyfajta „almostrágya” keletkezik. Ezt minden tavasszal összegyűjtik és elszállítják, a dombot hagyják kiszáradni. A domb mesterségesen lett létrehozva. Tartósan esős időszakban az állatok itt tudnak lefeküdni. Mérete az állatlétszámtól függ. Egy legelőkerthben általában egy *pihenődomb* és egy *itatóhely* van egymáshoz közel.

Mivel 200-250 db állat van egy nyájban, ehhez igazított a *pihenődomb* mérete. Állatonként 1-2 m² területtel számolnak (növényekre kevesebbet, kosra többet), így a *pihenődomb* 400-500 m² felszint jelent kb. 1 m-rel kiemelkedve a környező talajfelszín felett. Télen amikor a legelés szünetel, tartósan itt van a nyáj és itt folyik az etetés. Tavasszal és ősszel naponta csak néhány órát töltenek itt itatáskor, ill. éjszakai pihenéskor. Nyáron a nagy melegben délelőtt 10 óra tájban jönnek az *itatóhoz* és a *pihenődomb* környékén maradnak késő estig. Ezt követően folytatják a legelést esetleg éjszaka is.

A vizesárok kialakítása a telep építésekor 1989-ben történt. Közvetlen mellette épült a *felhajtóút*, talaja döntően a futó vizesárok kitermeléséből származik. A vizsgált *felhajtóúton* naponta két alkalommal (reggel 6-9, ill. délután 16-19 óra között) jár 200-250 db állat oda-vissza fejésre, tehát májustól szeptemberig. Ezen túlmenően évközben 10-15 alkalommal 200-600 db állatot hajtanak válogatásra a *felhajtóúton*. Az út talajának felszíne növénymentes és

szerkezete roncsolódott. A fentiek alapján megállapítható az is, hogy mind a *pihenődomb*, mind a *felhajtóút* talajszelvénye genetikailag bolygatott, nem a termőhelyre jellemző talaj- tulajdonságokkal rendelkezhet.

Az új legelőszakaszokra való átvonulást szolgáló *terelőút* kevésbé igénybevett. Évente néhány alkalommal jár rajta a nyáj. A *szárnyéknál* találnak menedéket az állatok az északi hideg szél elől, valamint itt történik télen a takarmányozás, így a trágyaterhelése érdeminek mondható az elmúlt 6-8 év üzemelése után.

A Bakonszegen mért csapadék mennyiségek 2005-ben; a kísérletek első évében januárban 12, februárban 54, márciusban 37, áprilisban 67, májusban 44, júniusban 67, júliusban 151, augusztusban 119, szeptemberben 45, októberben 4, novemberben 24, decemberben 72 (évi összes 696 mm) és 2006-ban a kísérletek második évében januárban 27, februárban 45, márciusban 74, áprilisban 70, májusban 78, júniusban 68, júliusban 29, augusztusban 112, szeptemberben 0, októberben 42, novemberben 23, decemberben 3 (évi összes 571 mm) mm-t tett ki. A 30 éves (1977 és 2006 között) 534 mm-es átlaghoz hasonlítva mindkét évjárat csapdékosabb volt; 2005-ben 162 mm-el, 2006-ban 37 mm-el esett több. 2006-ban a késői kitavaszkodás miatt a tavaszi csapadék a talajok víztelítődését okozta. A nyári kisülési időszak elmaradt 2005-ben és 2006-ban is a kedvezőbb tavaszi és a szokatlanul bőséges augusztusi (2005-ben 119 mm és 2006-ban 112 mm) esők miatt.

Következőkben bemutatjuk hogyan változik a talajprofil összetétele a foltszerű trágyaterhelés alatt, valamint a rajta termett gyeppel összehasonlítva a kontrollnak tekintett legelőterületekhez viszonyítva. Vajon milyen mérvű talaj- és talajvízszennyezés következhet be és mely elemekben? Miképpen jelentkezik az NPK műtrágyák és az előző évben kiadott juhtrágya utóhatása? Igazolható-e a változás a szénatermésben, ill. a gyeppel összehasonlítva a kísérletek 2. évében? Ilyen és hasonló kérdésekre keressük a választ. A témát érintő hazai és fontosabb idegen nyelvű szakirodalom tanulságait szintén előző munkánk foglalta össze.

Agyag és módszer

2006. május 30-án a kísérleti parcellák növényeit mintáztuk. Megállapítottuk 0,5 m²-es mintavételek alapján a növények friss és légszáraz tömegét, légszárazanyag %-át, majd a széna fontosabb makro- és mikroelemeinek meghatározására került sor. A mintavétellel egyidőben állománybonítást is végeztünk fejlettségre, ill. a botanikai összetételt is felvételeztük. Laboratóriumi vizsgálatok az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében történtek az alábbi feltárási módszerekkel és az ICP technika felhasználásával:

Növény: 0,5 g bemért légszáraz anyaghoz 5 cm³ cc.HNO₃ + 1 cm³ cc.H₂O₂ adagolása, majd 15 perces roncsolás a mikrohullámú berendezésben. Elemek mérése ICP készülékkel.

Juhtrágya: 0,5 g bemért légszáraz anyaghoz 5 cm³ cc.HNO₃ + 1 cm³ cc.H₂O₂ adagolása, majd 30 perces roncsolás a mikrohullámú berendezésben. Elemek mérése ICP készülékkel.

Talaj: 5 g bemért talajhoz 50 cm³ NH₄-acetát + EDTA kirázó oldat az oldható elemtartalom meghatározásához *Lakanen és Erviö (1971)* szerint. Elemek mérése ICP készülékkel. A pH, CaCO₃, humusz, kötöttség, összes só, NH₄-N és NO₃-N *Baranyai et al. (1987)* által ismertetett módszerekkel.

Összes N: 0,5 g bemért légszáraz növényhez (vagy 1,0 g talajhoz) 10 cm³ cc.H₂SO₄ + 2 cm³ cc.H₂O₂ adagolása az MSz 20135 (1999) szerint. Az NH₄-N és NO₃-N 1 M KCl-os kirázást jelent.

Szerves anyag: (Tyurin szerint) 0,2-1,0 g talajhoz 10 cm³ kénsavas K-bikromát, majd Mohr sóval titrálás.

Begyűjtöttük a trágyaterhelési foltokon fellelhető növények földfeletti részét, majd foltonként 2-2 párhuzamos mélyfúrást végeztünk a 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 cm talajrétegeket érintve. Talajmintákban az agronómiai és környezeti szempontból fontos NH₄-acetát+EDTA oldható elemkészletet kísértük figyelemmel, valamint meghatároztuk az alapvető egyéb termőhelyi alaptulajdonságokat is, mint a pH, kötöttség, humusz, CaCO₃ és „összes” só. Az eredménytáblázatok a 2-2 párhuzamos vizsgálat átlagait közlik.

Eredmények

A bőséges csapadék, az elhúzódó esős idő miatt 2006-ban csak május végén lehetett a területre rámenni. Ebből adódóan az előző évi trágyázás utóhatását regisztráltuk május 30-án a gyepek fejlődésére és termésére mindkét területen. Amint az 1. táblázatban látható Bakonszegen a N, NP, NPK és a juhtrágya is fejlettebb állományt eredményezett a trágyázatlan kontrollhoz képest. Ami a gyepek átlagos magasságát illeti, a N és a NPK kezelések bizonyultak jobbnak, míg a légszáraz szénatermés tekintetében az NP és a juhtrágya utóhatása volt igazolható. Ezzel szemben Cserkeszőlőn gyakorlatilag semmiféle trágyahatást nem tudtunk bizonyítani statisztikailag a kontrollhoz viszonyítva.

A bonitálás, magasság mérés és a termés-megállapítást követően került sor mindkét kísérleti helyen a 2006. évi műtrágyák kiszórására május 30-án. Június végén *Szemán László* vizsgálta a trágyázási kezelések hatását a gyepek botanikai összetételére. Uralkodó fajnak az ecsetpázsit bizonyult átlagosan 60% borítással. A réti perje 12%, a veresnadrág csenkesz és a cickafark 3-3%, míg a bodorka herék és a szarvas kerep 2-2% borítást képviselt átlagosan Bakonszegen. A N, P, NPK műtrágyázás hatására nőtt az ecsetpázsit borítása, míg a juhtrágyázott területen a cickafark 8%-os fedettséget ért el (2. táblázat)

Tendenciájában megnyilvánult, hogy a N-trágya a fajszámot mérsékelte, míg az a szerves trágyázott parcellákon maximumát érte el. Az 1-2% alatti borítást jelző egyéb előforduló fajok az alábbiak voltak: árva roznok, fehér here, magyar lednek, apró szulák, ezüstös pimpó, kányafű keresztes, lándzsás útifű, mezei iringó, sziki pitypang, sziki pozdor, tejoltó galaj. Megemlítjük még, hogy a kísérleti terület egy része tartós vízborítás alá került, lehetővé téve az évhatás értékelését is. A vízzel jól ellátott területeken a réti ecsetpázsit előretört és csökkent a fajszám, hasonlóan mint a N, NP-műtrágyázás nyomán.

1. táblázat Trágyázási kezelések utóhatása a gyepek fejlődésére és termésére 2006. május 30-án

| Kezelések száma,jele(1) | Bonitálás fejlettségre(2) | Magasság cm (3) | Zöldtömeg t/ha (4) | Széna t/ha (5) | Légszáraz anyag %(6) |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------|--------------------|----------------|----------------------|
| Bakonszeg (Hortobágy) | | | | | |
| 1.Kontroll(7) | 2,0 | 50 | 4,7 | 1,6 | 34 |
| 2. N | 4,0 | 70 | 7,8 | 2,6 | 33 |
| 3. P | 2,2 | 57 | 6,8 | 2,3 | 33 |
| 4. K | 2,0 | 48 | 5,6 | 1,8 | 33 |
| 5. NP | 4,5 | 60 | 7,6 | 2,7 | 37 |
| 6. NPK | 4,0 | 70 | 6,7 | 2,2 | 33 |
| 7.Juhtrágya(8) | 3,7 | 47 | 9,3 | 3,0 | 34 |
| SzD _{5%} (9) | 1,5 | 18 | 3,5 | 1,1 | 4 |
| Átlag (10) | 3,2 | 57 | 6,9 | 2,3 | 34 |
| Cserkeszőlő (Kiskunság) | | | | | |
| 1. Kontroll (7) | 3,0 | 50 | 9,6 | 2,9 | 30 |
| 2. N | 2,0 | 60 | 8,0 | 2,6 | 33 |
| 3. P | 3,0 | 50 | 8,7 | 2,5 | 30 |
| 4. K | 3,3 | 57 | 7,4 | 2,3 | 31 |
| 5. NP | 3,0 | 53 | 10,0 | 2,9 | 30 |
| 6. NPK | 3,3 | 67 | 6,9 | 2,2 | 31 |
| 7.Juhtrágya(8) | 3,0 | 53 | 9,0 | 2,6 | 29 |
| SzD _{5%} (9) | 0,7 | 10 | 5,6 | 1,5 | 4 |
| Átlag (10) | 3,0 | 56 | 8,5 | 2,6 | 31 |

Bonitálás: 1 – igen gyengén, 2 – gyengén, 3 – közepesen, 4 – jól, 5 – igen jól fejlett állomány.

Table 1: Residual effects of fertilizer and manure treatments on the development and yield of meadow grass on 30th May 2006.

Number and code of treatments (1), Scoring of grass stand (2), Height, cm (3), Green mass t/ha (4), Hay t/ha (5), Air dried matter in % (6), Control (7), Sheep manure (8), LSD_{5%} (9), Mean (10). Note: N=100 kg/ha/yr N, P=100 kg/ha/yr P₂O₅, K=200 kg/ha/yr K₂O in mineral fertilizers form, and sheep manure 10 t/ha/3 yrs. Scoring: 1=very poorly, 2=poorly, 3=medium well, 4=well, 5=very well developed stand.

A legeltetés közben *trágyázott foltok* maradnak vissza, amelyekben változhat a fajok száma. Az állatok ugyanis nem legelik le a következő növedékben a bujafoltokon termő növényzetet. Nem a növényzettel van a gond. A talaj szennyezettsége tartja távol az állatot. Mindez azonban nem minősül negatívnak, hiszen segíti a természetes gyeprekostrukciót. Bujafoltokon a tavaszi növedékben magszár képződött és mivel az állatok nem legelték le, magot is érleltek. A szárazabb szikes foltokon dominált a veresnadrág csenkesz, míg a nedvesen az ecsetpázsit. Pillangósok közül fehér here társult a rövid füvekhez és generatív, valamint indák fejlesztésével vegetatív szaporodást is mutatott. A bujafoltból kifelé növő hajtásokat az állatok már lelegelték a csökkenő trágyaterheléssel arányos intenzitással.

2. táblázat Trágyázási kezelések hatása a gyepterminológiai összetételre Bakonszegen 2006. júniusában. Borítási %-ok (Szemán László felvételezései)

| Kezelés száma, jele(1) | Ecsetpázsit(2) | Réti perje(3) | Veresnadrág csenkesz (4) | Bodorka herék (5) | Cicka-fark (6) | Szarvas kerep (7) | Összes borítás(8) |
|------------------------|----------------|---------------|--------------------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------|
| 1. Kontroll (9) | 48 | 15 | 3 | 5 | 2 | 5 | 82 |
| 2. N | 68 | 12 | 2 | 0 | 3 | 1 | 85 |
| 3. P | 68 | 10 | 0 | 2 | 0 | 0 | 80 |
| 4. K | 60 | 13 | 5 | 2 | 0 | 0 | 86 |
| 5. NP | 55 | 12 | 4 | 0 | 5 | 0 | 94 |
| 6. NPK | 68 | 15 | 3 | 0 | 4 | 1 | 98 |
| 7. Juhtrágya(10) | 52 | 10 | 5 | 2 | 8 | 6 | 98 |
| SzD _{5%} (11) | 20 | 5 | 5 | 5 | 8 | 8 | 15 |
| Átlag (12) | 60 | 12 | 3 | 2 | 3 | 2 | 89 |

Table 2. Effects of fertilizer and manure treatments on the botanical composition of meadow grass in June 2006. Coverage in %. Number and code of treatments (1), Meadow Foxtail (*Alopecurus pratensis*) (2), Smooth Meadow-grass (*Poa pratensis*) (3), Pseudovina (*Festuca pseudovina*) (4), Clover (*Trifolium sp.*) (5), Common Yarrow (*Achillea millefolium*) (6), Bird's-foot Trefoil (*Lotus corniculatus*) (7), Total coverage (8), Control (9), Sheep manure (10), LSD_{5%} (11), Mean (12).

Megfigyeltük, hogy a legeltetés után visszamaradó *bujafolt* csak a vizelet hatására alakult ki. A vizeletürítés nyomán a gyepterminológiai lebecsült, majd kiszáradt. Ezt követően az alvórügyekből indult hajtásképződés, melyet magérlelés zárhatott. Bujafoltok száma az állatlétszám és a tartózkodási idő, tehát a terhelés függvénye. A bujafoltok ellipszis alakot adnak, az elnyújtott téglalap alak méretét, faji összetételét, fajonkénti maghozó hajtások számát és terméstmegét is megmértük (3. táblázat). Az ecsetpázsit mindenütt megtalálható volt, míg a veresnadrág csenkesz már nem. A réti perje szintén a maghozó állományt gyarapította. Az összes friss tömegben belül külön mértük a pillangósok hozamát. A bujafoltok területe tehát átmenetileg kieső termést jelent, de hozzájárul a szaporítóanyag képződéséhez.

3. táblázat A bujafoltok mérete, növényzete és a maghozó hajtások száma fajonként, ill. foltonként. Bakonszeg, 2006. június 8. (Szemán László felvételezései)

| Bujafolt mérete, cm (1) | Ecsetpázsit db/folt (2) | Veresnadrág csenkesz db/folt (3) | Réti perje db/folt (4) | Friss tömeg g/folt (5) | Ebből pillangós g/folt (6) | Össz. légszáraz g/folt (7) |
|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 90 x 40 | 32 | – | 12 | 122 | 1,4 | 38 |
| 70 x 35 | 82 | – | 9 | 220 | 5,9 | 67 |
| 50 x 35 | 54 | – | 13 | 150 | 30,4 | 42 |
| 55 x 33 | 49 | 91 | 7 | 156 | 4,8 | 55 |

Megjegyzés: átlagosan 30% körüli légszárazanyag tartalom.

Table 3. Size and composition of vigorous grass spots and number of generative stems by species. Bakonszeg, 8th June 2006. Size of the vigorous spot (1), Meadow Foxtail piece/spot (2), Pseudovina piece/spot (3), Smooth Meadow-grass piece/spot (4), Green mass g/spot (5), Of which clover g/spot (6), Total air-dried mass g/spot (7). Note: Average air dried matter content is about 30%.

A rövidebb ideig tartó terhelés, amit a fűfélék morfológiai állapota alapján határoztunk meg, lehetővé teszi a nagyobb fedettséget, a gyorsabb fejlődést és a rövidebb regenerációt két legeltetés között. A fajösszetétel alakulása ősgyepeken hagyományos legeltetés esetén az alábbi: aljfű 45-50%, évelő pillangós 10-15%, egy éves pillangós 20-30%, egyéb növény 10-20%, borítatlan terület 10% alatt. A magas tarlóval legeltetett növényzet nagyobb borítást ad, a fűvek részaránya 60% körüli, pillangósoké 20% körüli, az egyéb növényeké szintén 20% körüli. A borítatlan terület inkább a felszíni sérülésekre korlátozódik.

A *terelőutakat*, *itatóhelyeket*, *pihenődombot* növénytakaró szempontjából az igénybevett Bakonszegen vizsgáltuk. A *terelőutakon* a legelés nem játszik szerepet. Az állatok nem kedvelik az ott található szennyezett növényeket. Kihajtáskor a legelő szakaszra igyekeznek, hajtásnál a jóllakott juh egyébként sem keresi a zöldet. Jellemző fűfajok: apró csenkesz (30%), bodorkahere fajok (20%), gyomfűvek és puha rozsnok (10%), ill. az egyéves zavarást tűrő gyomok. A taposást jelzi az angolperje (5-25%). A borított és borítatlan terület aránya változó. Az állandóan borítatlan területek nagysága nem becsülhető meg az egyéves gyomok folyamatos csírázása és pusztulása miatt.

A *vízvezető árkok* környékén dominál a hernyópázsit, jelezve erős fejlődésével a bemosódó tápanyagok hatását. Az *itatóhelyeken* a taposási igénybevétel és a trágyaterhelés meghatározó. Az időszakosan igénybevett felületeken vegyes zavart növényközösség alakul ki. A *pihenődombok* növényzete zavart a kopasz területtől a vegyes fajborításig, ill. a szikes gyeppel növénytakarulásba való folyamatos átmenetig. Foltokként a ruderaliákra jellemző nagytestű kétszikű gyomok is felszaporodhatnak (libatopfélék, acat).

A foltszerű terhelés hatását a gyeppel összetételére Bakonszegen a 4. táblázat adatai szemléltetik. Kontrollként a kísérlet átlaga szolgált. A kezelések ugyanis nem befolyásolták igazolhatóan a gyeppel ásványi összetételét a 2. évben. A bemutatott eredmények szerint a *pihenődombon* gyűjtött növények hajtásában nőtt meg ugrásszerűen a főbb makroelemek (K, N, Ca, P, Mg, S) mennyisége. A N, P, S mintegy 2-szeresére, míg a Ca és a Mg a kontrollon mért tartalom 3-4 szeresére. A NO₃-N két nagyságrendbeli dúsulást jelzett a hajtásban. A mikroelemek közül emelkedett tartalmat mutatott a Sr, Cd és B, míg a Mn és Cr hígult a kontrollhoz viszonyítva.

Az *itatóhelyek* környékén gyűjtött növényekben található a legkevesebb Ca, Mg, Na, Sr, és B, míg a *terelőút* növényeiben kiugróan sok volt a Fe, Na, Al, Cr és Co. A növények abnormális összetétele részben a felületi szennyezésből is adódhat. A minták külön desztivizes mosását kerültük, mely bizonyos elemek kilúgzását is eredményezheti a növényi szövetből. Cserkeszölő termőhelyen a fű gazdagabbnak bizonyult N-ben és a P-on kívül gyakorlatilag minden egyéb ásványi elemekben Bakonszeg átlagához képest, amint ez a 4. táblázatban közölt eredményekből kitűnik.

A foltszerű terhelési helyszíneken párhuzamosan 2-2 mélyfúrást végeztünk 1 m mélységig 20 cm-es rétegenként. Az egyes rétegek átlagait az 5. táblázat szemlélteti. Kontroll talajon a feltalaj már mészhányossá vált, Ca a mélyebb rétegekben dúsul. A terhelt foltokon általában a 20-40 cm réteg szegényebb Ca-ban, míg a feltalajban újra megjelenik a Ca, tükrözve a juhtrágya hatását. A feltalajból épült *pihenődomb* anyagában természetesen a CaCO₃ mennyisége nem éri el a

genetikailag várható 10% feletti tartalmat a 80-100 cm rétegben. Sőt, a *felhajtóút* altalaja gyakorlatilag mészhiányosnak minősülhet. A pH (KCl) értékek a kontroll feltalajban 6 alatt, míg a foltyszerű terhelési helyszíneken 6 felett vannak.

4. táblázat Foltyszerű terhelés hatása a gyep összetételére Bakonszegen, valamint a kísérleti helyek átlagai 2006. május 30-án

| Elem jele (1) | Mértékegység (2) | Foltyszerű terhelés Bakonszegen | | | | | Cserkeszőlő átlaga (8) |
|--------------------|------------------|---------------------------------|----------------|---------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| | | Kontroll* (3) | Pihenődomb (4) | Itatóhely (5) | Terelőút (6) | SzD _{5%} (7) | |
| K | % | 2,04 | 2,83 | 2,36 | 2,35 | 0,47 | 1,71 |
| N | % | 1,59 | 4,24 | 1,54 | 1,66 | 0,27 | 2,01 |
| Ca | % | 0,42 | 1,90 | 0,18 | 0,53 | 0,24 | 0,81 |
| P | % | 0,28 | 0,50 | 0,32 | 0,30 | 0,12 | 0,25 |
| Mg | % | 0,19 | 0,72 | 0,12 | 0,20 | 0,16 | 0,26 |
| S | % | 0,16 | 0,29 | 0,16 | 0,18 | 0,05 | 0,24 |
| Fe | mg/kg | 224 | 277 | 209 | 1675 | 718 | 274 |
| Na | mg/kg | 193 | 259 | 59 | 818 | 400 | 1059 |
| Mn | mg/kg | 171 | 40 | 84 | 54 | 46 | 198 |
| Al | mg/kg | 75 | 242 | 174 | 1562 | 178 | 84 |
| NO ₃ -N | mg/kg | 53 | 2361 | 106 | 224 | 543 | 90 |
| Zn | mg/kg | 32 | 28 | 28 | 26 | 9 | 45 |
| Ba | mg/kg | 21 | 15 | 13 | 20 | 11 | 45 |
| Sr | mg/kg | 20 | 112 | 10 | 20 | 19 | 39 |
| B | mg/kg | 11 | 25 | 3 | 5 | 13 | 24 |
| Cu | mg/kg | 6,7 | 9,7 | 7,1 | 5,8 | 2,5 | 7,2 |
| Ni | mg/kg | 1,9 | 1,3 | 1,5 | 4,0 | 1,3 | 2,8 |
| Mo | mg/kg | 1,0 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 0,3 | 0,6 |
| Cr | µg/kg | 470 | 59 | 93 | 3780 | 1900 | 494 |
| Co | µg/kg | 134 | 229 | 80 | 824 | 819 | 145 |
| Cd | µg/kg | 77 | 265 | 43 | 44 | 19 | 141 |

* Kísérlet átlagában Bakonszegen.

Table 4. Effect of manure spot loads on grass mineral composition at Bakonszeg, as well as averages of Cserkeszőlő on 30th May 2006. Element (1), Measuring unit (2), Control (3), Resting hump (4), Watering-place (5), Driveway (6), LSD_{5%} (7), Cserkeszőlő average (8).

* Average of the experiment at Bakonszeg

Emelkedett humuszkészlet az *itató* és a *szárnyékszel* 0-40 cm rétegében követhető nyomon. A *terelőút* nem jelez dúsulást, míg a *pihenődomb* és a *felhajtóút* teljes 0-1 m rétege közepes humusztartalommal bír a mesterséges képződményét tükrözve. A növények számára közvetlen hozzáférhető és műtrágya egyenértékű NO₃-N mennyisége a kontroll talaj felső 0-40 cm rétegében átszámítva 40-50 kg/ha-ra becsülhető. A *pihenődomb* legfelső 20 cm-ében ezzel szemben már 90-100 kg/ha NO₃-N található. Az *itatóhely* teljes 1 m rétegében feldúsult, ill. bemosódott a NO₃-n, melynek mennyisége a 250-300 kg/ha-t is elérheti. Dúsulást jelez még a *szárnyék környéke* a feltalajban, valamint a *terelőút* mélyebb rétegei (5. táblázat).

5. táblázat Foltszerű terhelés hatása a talajprofil összetételére Bakonszegen. 2006. május 30-án. Legeltetett ősgyep

| Mintavétel cm (1) | Foltszerű terhelési helyszínek megnevezése (2) | | | | | |
|---|--|-------------------|------------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| | Kontroll (3) | Pihenődomb (4) | Itatóhely (5) | Szárnyékszel (6) | Terelőút (7) | Felhajtóút (8) |
| CaCO ₃ % | | | | | | |
| 0-20 | 0,0 | 1,6 | 1,3 | 1,2 | 0,1 | 3,3 |
| 20-40 | 2,9 | 0,7 | 0,3 | 1,2 | 0,2 | 1,0 |
| 40-60 | 9,9 | 2,0 | 3,4 | 5,1 | 2,4 | 0,2 |
| 60-80 | 12,8 | 3,6 | 7,3 | 10,2 | 8,4 | 0,2 |
| 80-100 | 11,6 | 4,1 | 12,0 | 10,8 | 12,2 | 0,2 |
| Átlag (9) | 7,4 | 2,4 | 4,9 | 5,7 | 4,6 | 1,0 |
| pH (H ₂ O) | | | | | | |
| 0-20 | 6,4 | 7,4 | 6,9 | 7,2 | 7,0 | 7,9 |
| 20-40 | 8,2 | 8,1 | 7,6 | 7,6 | 7,9 | 7,6 |
| 40-60 | 9,0 | 8,3 | 8,6 | 7,9 | 9,1 | 7,0 |
| 60-80 | 9,2 | 8,5 | 8,8 | 8,2 | 9,4 | 6,9 |
| 80-100 | 9,2 | 8,6 | 9,3 | 8,2 | 9,5 | 7,2 |
| Átlag (9) | 8,4 | 8,2 | 8,2 | 7,8 | 8,6 | 7,3 |
| pH (KCl) | | | | | | |
| 0-20 | 5,6 | 6,8 | 6,6 | 7,1 | 6,3 | 7,2 |
| 20-40 | 7,1 | 7,1 | 6,8 | 6,9 | 6,6 | 7,0 |
| 40-60 | 7,7 | 7,1 | 7,4 | 7,1 | 7,5 | 6,2 |
| 60-80 | 7,9 | 7,2 | 7,6 | 7,2 | 7,8 | 6,0 |
| 80-100 | 8,0 | 7,3 | 7,9 | 7,3 | 8,0 | 6,0 |
| Átlag (9) | 7,2 | 7,1 | 7,2 | 7,1 | 7,2 | 6,5 |
| Humusz % (10) | | | | | | |
| 0-20 | 4,4 | 3,2 | 5,0 | 5,6 | 4,0 | 2,9 |
| 20-40 | 1,6 | 1,7 | 2,0 | 2,2 | 1,9 | 2,6 |
| 40-60 | 0,8 | 2,0 | 1,2 | 1,4 | 1,1 | 3,3 |
| 60-80 | 0,7 | 1,6 | 1,1 | 0,9 | 0,7 | 2,6 |
| 80-100 | 0,4 | 1,6 | 0,6 | 0,7 | 0,5 | 1,8 |
| Átlag (9) | 1,6 | 2,0 | 2,0 | 2,2 | 1,6 | 2,7 |
| 1 M KCl-oldható NO ₃ -N mg/kg (11) | | | | | | |
| 0-20 | 6 | 32 | 25 | 24 | 8 | 10 |
| 20-40 | 10 | 5 | 22 | 8 | 8 | 10 |
| 40-60 | 7 | 5 | 18 | 9 | 11 | 6 |
| 60-80 | 4 | 3 | 20 | 8 | 11 | 7 |
| 80-100 | 6 | 8 | 11 | 6 | 14 | 3 |
| Átlag (9) | 6 | 11 | 19 | 11 | 10 | 7 |

Table 5. Effect of manure spot loads on some characteristics of the soil profile at Bakonszeg on 30th May 2006. Natural grazed grassland. Sampling depth cm (1), Location of the spot loads (2), Control (3), Resting hump (4), Watering-place (5), Screen wall edge (6), Driveway (7), Passageway (8), Average (9), Humus % (10), 1 M KCl-soluble NO₃-N mg/kg (11).

6. táblázat Foltyszerű terhelés hatása a talajprofil összetételére Bakonszegen 2006. május 30-án. Legeltetett ősgyep. NH₄-acetát+EDTA oldható elemek

| Mintavétel cm (1) | Foltyszerű terhelési helyszínek megnevezése (2) | | | | | |
|-------------------------------------|---|-------------------|------------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| | Kontroll (3) | Pihenődomb (4) | Itatóhely (5) | Szárnyékszel (6) | Terelőút (7) | Felhajtóút (8) |
| Na % | | | | | | |
| 0-20 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,1 |
| 20-40 | 1,1 | 0,4 | 0,6 | 0,1 | 0,7 | 0,1 |
| 40-60 | 2,0 | 0,7 | 1,2 | 0,1 | 1,6 | 0,2 |
| 60-80 | 2,6 | 1,0 | 1,4 | 0,1 | 2,2 | 0,2 |
| 80-100 | 2,7 | 1,1 | 1,9 | 0,2 | 2,2 | 0,3 |
| Átlag (9) | 1,7 | 0,6 | 1,1 | 0,1 | 1,4 | 0,2 |
| K ₂ O mg/kg | | | | | | |
| 0-20 | 255 | 569 | 1908 | 2740 | 429 | 1331 |
| 20-40 | 175 | 219 | 471 | 365 | 199 | 588 |
| 40-60 | 149 | 187 | 204 | 206 | 165 | 310 |
| 60-80 | 154 | 179 | 185 | 168 | 158 | 245 |
| 80-100 | 136 | 169 | 127 | 163 | 147 | 226 |
| Átlag (9) | 174 | 265 | 579 | 728 | 220 | 540 |
| P ₂ O ₅ mg/kg | | | | | | |
| 0-20 | 54 | 220 | 505 | 488 | 159 | 1673 |
| 20-40 | 12 | 47 | 34 | 29 | 19 | 672 |
| 40-60 | 17 | 44 | 17 | 9 | 11 | 142 |
| 60-80 | 16 | 25 | 10 | 4 | 15 | 37 |
| 80-100 | 12 | 173 | 9 | 4 | 12 | 21 |
| Átlag (9) | 22 | 102 | 115 | 107 | 43 | 509 |
| Sr mg/kg | | | | | | |
| 0-20 | 15 | 36 | 18 | 24 | 17 | 35 |
| 20-40 | 28 | 31 | 19 | 26 | 18 | 26 |
| 40-60 | 64 | 36 | 38 | 40 | 35 | 18 |
| 60-80 | 76 | 39 | 57 | 59 | 74 | 19 |
| 80-100 | 75 | 42 | 74 | 62 | 89 | 19 |
| Átlag (9) | 52 | 36 | 41 | 42 | 47 | 23 |
| B mg/kg | | | | | | |
| 0-20 | 0,7 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 1,0 | 2,4 |
| 20-40 | 2,2 | 1,7 | 1,6 | 1,0 | 2,1 | 1,7 |
| 40-60 | 3,4 | 1,6 | 2,9 | 0,9 | 4,6 | 0,8 |
| 60-80 | 4,2 | 1,9 | 3,1 | 0,8 | 5,0 | 0,5 |
| 80-100 | 4,0 | 2,0 | 3,9 | 0,7 | 3,9 | 0,6 |
| Átlag (9) | 2,9 | 1,7 | 2,6 | 1,0 | 3,3 | 1,2 |

Table 6. Effect of manure spot loads on the composition of soil profile at Bakonszeg on 30th May 2006. Natural grazed grassland. NH₄-acetate+EDTA soluble elements. Sampling depth cm (1), Location of the spot loads (2), Control (3), Resting hump (4), Watering-place (5), Screen wall edge (6), Driveway (7), Passageway (8), Average (9).

A mobilis Na a mélybe mosódott a kontroll talajon, ill. a mélyebb rétegekben halmozódik fel ezen a szikes termőhelyen. A foltyszerű terhelés a Na mélységi

mozgását, úgy tűnik, felgyorsíthatja. Erre utal, hogy részben az elfolyó trágyalevet is befogadó, mélyebben fekvő *szárnyék környékének* talaja az egész 1 m rétegben elvesztette Na-készletének döntő hányadát. A nagy terhelésnek kitett *felhajtóút* szelvénye hasonlóképpen elszegényedett Na-ban. A *pihenődomb* Na tartalma a zavart profilt, pontosabban a kontroll talaj 0-40 cm rétegének készletét tükrözi. A kevésbé igénybevett *terelőút* talajszelvénye e tekintetben a kontrollal mutat analóg képet (6. táblázat).

A kálium felhalmozódása a káliumban gazdag trágya hatását mutatja mérsékeltén a *terelőút* és a *pihenődomb* feltalajában a kontrollhoz képest. A *felhajtóút*, *itatóhely* és a *szárnyék* környékén ezzel szemben a feltalajban már extrém mérvű a dúsulás, mely a 20-40 cm rétegben is megnyilvánul. Mindez többé-kevésbé hasonló módon nyomon követhető az oldható foszfortartalmakban is. Extrém mérvű, kiugróan nagy készletet jelez a *felhajtóút* 0-60 cm, valamint a *pihenődomb* 80-100 cm eltemetett rétege. A teljes 1 m-es szelvény átlagos P-készletét tekintve és a kontrollhoz viszonyítva a *terelőút* mintegy 2-szeres; a *pihenődomb*, *itatóhely* és a *szárnyékszel* 4-szeres; míg a *felhajtóút* 23-szoros többlettel rendelkezik (6. táblázat).

A stroncium általában a kalciummal együtt fordul elő a kőzetekben, talajokban. A szelvényekben a Ca-hoz hasonlóan dúsul a mélységgel. Ez alól kivételt a mesterségesen létrehozott *pihenődomb* és *felhajtóút* profilja képez. A foltszerű trágyaterhelés nem adott érdemi dúsulást, szennyezést a Sr tekintetében. A B a Na-hoz hasonlóan mobilis elem, a mélyebb rétegekben akkumulálódik genetikailag. A Na-hoz hasonlóan úgy tűnik, hogy a nagyobb kilúgzásnak kitett *szárnyékszel* és a *felhajtóút* talajszelvényeinek mélyebb rétegei B-készletük nagyobb részét elvesztették. A *pihenődomb* e tekintetben inkább a zavart, mesterséges képződmény képét tükrözheti (6. táblázat).

Az oldható Zn döntően a feltalajban akkumulálódott a kontroll talaj szelvényében. Ehhez hasonló eloszlást mutat, eltekintve a heterogenitásoktól, az *itatóhely*, a *szárnyékszel* és a *terelőút* profilja. A genetikailag roncsolt szelvényű *pihenődomb* és a *felhajtóút* altalaja is erőteljes dúsulást vagy szennyezést mutat ezen elemben. Az 1 m-es szelvények átlagait tekintve a dúsulás a kontrollhoz képest mintegy 7-szeres a *felhajtóút* esetében. A jelenség magyarázata is további vizsgálatra szorul (7. táblázat).

A Cu oldható tartalma mérséklődik a mélységgel. Ez alól kivételt a *pihenődomb* és a *felhajtóút* szelvénye jelenthet. Érdemi vagy nagyságrendbeli dúsulás vagy szennyezés azonban nem figyelhető meg a foltszerű trágyaterhelés nyomán. Többé-kevésbé ugyanaz mondható el egy másik mikroelem a Co eloszlásáról. A Cd rendkívül veszélyes a tápláléklánc egészére, ezért figyelemmel kísérendő. A bemutatott adatok azonban megnyugtatóan jelzik, hogy a terhelés semminemű kimutatható akkumulációval nem járt. Az esszenciális molibdént a növényi gyökök a feltalajban halmozzák fel. A foltszerű terhelés érdemi módosulást a talaj oldható Mo tartalmában nem okozott. A *pihenődomb* és a *felhajtóút* szelvényeinek zavart jellegét a Mo eloszlása is tükrözi (7. táblázat).

7. táblázat Foltszerű terhelés hatása a talajprofil összetételére Bakonszegen 2006. május 30-án. Legeltetett ősgyep. NH_4 -acetát+EDTA oldható elemek

| Mintavétel cm (1) | Foltszerű terhelési helyszínek megnevezése (2) | | | | | |
|----------------------|--|-------------------|------------------|---------------------|-----------------|------------------|
| | Kontroll (3) | Pihenődomb (4) | Itatóhely (5) | Szárnyékszel (6) | Terelőút (7) | Felhajtót (8) |
| Zn mg/kg | | | | | | |
| 0-20 | 4,8 | 9,4 | 7,0 | 9,1 | 4,1 | 12,0 |
| 20-40 | 1,2 | 2,8 | 0,7 | 2,0 | 15,2 | 15,8 |
| 40-60 | 1,0 | 4,5 | 2,3 | 0,5 | 0,7 | 14,1 |
| 60-80 | 0,3 | 7,3 | 0,1 | 1,3 | 0,1 | 6,1 |
| 80-100 | 0,4 | 0,9 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 7,0 |
| Átlag (9) | 1,6 | 5,0 | 2,0 | 2,6 | 4,0 | 11,0 |
| Cu mg/kg | | | | | | |
| 0-20 | 7,9 | 7,0 | 7,6 | 10,3 | 7,4 | 8,5 |
| 20-40 | 5,9 | 7,4 | 6,8 | 7,1 | 7,3 | 11,0 |
| 40-60 | 3,8 | 6,7 | 5,3 | 4,8 | 6,2 | 10,3 |
| 60-80 | 3,2 | 6,6 | 4,4 | 4,2 | 4,0 | 9,7 |
| 80-100 | 2,7 | 5,9 | 2,6 | 3,6 | 3,2 | 9,0 |
| Átlag (9) | 4,7 | 6,7 | 5,3 | 6,0 | 5,6 | 9,7 |
| Co mg/kg | | | | | | |
| 0-20 | 4,3 | 3,9 | 3,1 | 2,6 | 4,2 | 4,3 |
| 20-40 | 4,6 | 4,8 | 4,4 | 4,3 | 5,2 | 4,0 |
| 40-60 | 2,0 | 3,8 | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 2,7 |
| 60-80 | 1,5 | 3,2 | 2,6 | 2,8 | 2,2 | 4,1 |
| 80-100 | 1,8 | 3,6 | 1,7 | 2,5 | 2,0 | 5,3 |
| Átlag (9) | 2,8 | 3,9 | 3,1 | 3,1 | 3,5 | 4,1 |
| Cd µg/kg | | | | | | |
| 0-20 | 137 | 99 | 115 | 119 | 94 | 163 |
| 20-40 | 110 | 97 | 83 | 91 | 72 | 128 |
| 40-60 | 130 | 106 | 88 | 116 | 74 | 127 |
| 60-80 | 132 | 102 | 108 | 123 | 100 | 108 |
| 80-100 | 139 | 103 | 113 | 119 | 113 | 107 |
| Átlag (9) | 129 | 101 | 101 | 114 | 91 | 127 |
| Mo µg/kg | | | | | | |
| 0-20 | - | 54 | 49 | 25 | 64 | 49 |
| 20-40 | - | 99 | 34 | 25 | 62 | 94 |
| 40-60 | - | 65 | 26 | 5 | 51 | 53 |
| 60-80 | - | 36 | 5 | 5 | 5 | 37 |
| 80-100 | - | 51 | 5 | 5 | 5 | 55 |
| Átlag (9) | - | 61 | 24 | 13 | 37 | 58 |

Table 7. Effect of manure spot loads on the composition of soil profile at Bakonszeg on 30th May 2006. Natural grazed grassland. NH_4 -acetate+EDTA soluble elements. Sampling depth cm (1), Location of the spot loads (2), Control (3), Resting hump (4), Watering-place (5), Screen wall edge (6), Driveway (7), Passageway (8), Average (9).

8. táblázat Foltyszerű terhelés hatása a talajprofil összetételére 2006. május 30-án.
Legeltetett ősgyep. NH₄-acetát+EDTA oldható elemek

| Mintavétel cm (1) | Foltyszerű terhelési helyszínek megnevezése (2) | | | | | |
|--|---|-------------------|------------------|--------------------|-----------------|-------------------|
| | Kontroll (3) | Pihenődomb (4) | Itatóhely (5) | Szárnyékszl (6) | Terelőút (7) | Felhajtóút (8) |
| Ca% | | | | | | |
| 0-20 | 0,40 | 0,87 | 0,87 | 0,76 | 0,44 | 1,50 |
| 20-40 | 1,26 | 0,66 | 0,43 | 0,92 | 0,32 | 0,78 |
| 40-60 | 3,28 | 1,12 | 1,48 | 2,20 | 1,01 | 0,48 |
| 60-80 | 4,83 | 1,54 | 2,63 | 3,77 | 2,82 | 0,50 |
| 80-100 | 4,05 | 1,67 | 3,67 | 3,86 | 3,65 | 0,52 |
| Átlag (9) | 2,77 | 1,17 | 1,87 | 2,30 | 1,65 | 0,76 |
| Mg% | | | | | | |
| 0-20 | 0,09 | 0,14 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,16 |
| 20-40 | 0,16 | 0,18 | 0,14 | 0,10 | 0,16 | 0,17 |
| 40-60 | 0,24 | 0,20 | 0,21 | 0,14 | 0,24 | 0,13 |
| 60-80 | 0,28 | 0,21 | 0,26 | 0,20 | 0,35 | 0,12 |
| 80-100 | 0,30 | 0,20 | 0,31 | 0,23 | 0,41 | 0,12 |
| Átlag (9) | 0,22 | 0,19 | 0,21 | 0,16 | 0,26 | 0,14 |
| Fe mg/kg | | | | | | |
| 0-20 | 557 | 243 | 878 | 1199 | 358 | 366 |
| 20-40 | 227 | 217 | 246 | 286 | 191 | 648 |
| 40-60 | 108 | 203 | 123 | 125 | 134 | 725 |
| 60-80 | 97 | 187 | 110 | 94 | 110 | 582 |
| 80-100 | 81 | 245 | 79 | 78 | 93 | 518 |
| Átlag (9) | 214 | 219 | 287 | 356 | 177 | 568 |
| S mg/kg | | | | | | |
| 0-20 | 16 | 22 | 105 | 71 | 14 | 37 |
| 20-40 | 30 | 13 | 59 | 47 | 13 | 21 |
| 40-60 | 163 | 23 | 73 | 69 | 93 | 25 |
| 60-80 | 371 | 45 | 110 | 105 | 268 | 29 |
| 80-100 | 382 | 58 | 186 | 98 | 339 | 26 |
| Átlag (9) | 192 | 33 | 107 | 78 | 145 | 28 |
| 1M KCl-oldható NH ₄ -N mg/kg (10) | | | | | | |
| 0-20 | 11,2 | 8,5 | 11,8 | 72,5 | 6,2 | 7,8 |
| 20-40 | 12,5 | 5,5 | 5,1 | 6,3 | 7,9 | 8,5 |
| 40-60 | 5,5 | 6,0 | 3,1 | 2,6 | 4,9 | 6,5 |
| 60-80 | 2,8 | 5,2 | 3,4 | 2,0 | 3,5 | 5,8 |
| 80-100 | 4,4 | 4,9 | 3,1 | 2,9 | 2,6 | 3,9 |
| Átlag (9) | 7,3 | 6,0 | 5,3 | 17,3 | 5,0 | 6,5 |

Table 8. Effect of manure spot loads on the composition of soil profile at Bakonszeg on 30th May 2006. Natural grazed grassland. NH₄-acetate+EDTA soluble elements. Sampling depth cm (1), Location of the spot loads (2), Control (3), Resting hump (4), Watering-place (5), Screen wall edge (6), Driveway (7), Passageway (8), Average (9), 1M KCl-soluble NH₄-N mg/kg (10).

Az NH_4 -acetát+EDTA oldható Ca természetszerűleg követi az 5. táblázatban mért $\text{CaCO}_3\%$ -át. Az oldható Ca a mélyebb rétegekben dúsul a kontroll talajszelvényben. Mindez az *itatóhely*, *szárnyékszel* és a *terelőút* esetében is megfigyelhető. A *pihenődomb* zavart profiljában az akkumuláció kevésbé látványos, míg a *felhajtóút* általaja oldható Ca-ban szegényedik. Hasonló mondható el az oldható Mg készleteket illetően, hiszen a Mg a Ca-mal együtt fordul elő a vizsgált talajban, bár kevésbé látványosan nőtt a mennyisége a mélységgel. Az oldható Fe a *szárnyék* környékén extrém nagy tartalmat jelzett a feltalajban. A nem zavart profilú talajokban egyébként az általaj oldható Fe-ban elszegényedik, míg a *pihenődomb* és a *felhajtóút* teljes szelvénye többé-kevésbé egyenletes eloszlását tükrözi (8. táblázat).

A kén oldható mennyisége nagyságrenddel nő a mélységgel, a kimosódó elemek közé tartozik. A zavart profilú *pihenődomb* és *felhajtóút* talajában ez a jelenség nem igazán követhető nyomon természetesen. Az *itatóhely* és a *szárnyék* környékén a feltalaj feldúsul a trágyaterhelés nyomán. A friss, még el nem bomlott, ill. nem nitrifikálódott trágyázás hatását jelezheti az $\text{NH}_4\text{-N}$ forma, mely a *szárnyék* környékén 72,5 mg/kg értéket ért el. Ez mintegy 217 kg/ha N-nek felelhet meg a 0-20 cm rétegben. A $\text{NO}_3\text{-N}$ forma ugyanitt 25 mg/kg, azaz kb. 75 kg/ha mennyiséget tett ki az 5. táblázat adatai szerint. A *szárnyék* környékén tehát a N-terhelés elérheti akár a 300 kg/ha összes mennyiséget a feltalajban, így jelentős pontszerű szennyezést okozhat. Főként abból eredően, hogy ritka, pusztuló növényzet a N-többletet nem képes hasznosítani, így az a talajvízbe kerülhet (8. táblázat).

Összefoglalás

A Hortobágyi és a Kiskunsági Nemzeti Parkkal szomszédos és hasonló adottságú Bakonszeg, ill. Cserkeszőlő térségében vizsgáltuk az NPK műtrágyák és a juhtrágya 2. éves utóhatását a gyepek fejlődésére, termésére és ásványi összetételére. Külön elemeztük a foltszerű állatterhelés (*pihenődomb*, *itatóhely*, *szárnyék*, *felhajtóút*) hatását az 1 m talajszelvény összetételére és a növénytakaró makro- és mikroelem tartalmára Bakonszegen. A réti szolonyec termőhely feltalaja agyag mechanikai összetételű, felszínében mészhiányos 4-6% humusztartalommal. Foszforral általában gyengén-közepesen, káliummal és egyéb makro/mikroelemekkel kielégítően ellátott volt. A vizsgálatainkból levont főbb tanulságokat az alábbiakban foglaljuk össze:

- Cserkeszőlőn a 2. évben trágyahatások nem voltak igazolhatók a szénatermésben. Bakonszegen ezzel szemben az NP műtrágyázás és a juhtrágya igazolható 1-1,5 t/ha széna terméstöbbletet adott. A széna ásványi összetételét a trágyázás nem módosította, így azok kontrollként is szolgáltak a foltszerű trágyaterhelés megítélésében.
- A *pihenődomb* növényeiben emelkedett, esetenként extrém nagy K, N, Ca, P, Mg, S és részben Sr, Cd, B tartalmakat; a *terelőút* növényeinek hajtásában Fe, Na, Al, Cr és Co tartalmakat találtunk. A minták mosására nem került sor, így az abnormális összetétel a felületi szennyezésből is adódhat.
- Talajvizsgálataink szerint az emelkedett szervesanyag-tartalom az *itató* és a *szárnyék* környékén követhető nyomon a 0-40 cm rétegben. Az 1 m rétegben

kimutatott $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége az itatóhely alatt a 250-300 kg/ha-t elérheti. A kálium a felhajtóút, itatóhely és a szárnyék szélén sokszorosára nőtt a 0-40 cm rétegben. Az 1 m teljes szelvény $\text{NH}_4\text{-acetát+EDTA}$ oldható P-tartalma a terelőút esetén 2-szeres; a pihenődomb, itatóhely és a szárnyék széle esetében 4-szeres; míg a felhajtóút esetén átlagosan 23-szoros többlettel rendelkezett.

- Zn-szennyezést/akkumulációt a pihenődomb és a felhajtóút jelzett. A jelenség magyarázatra és további vizsgálatra szorul. Az oldható Fe mennyisége a szárnyék feltalajában nőtt meg, míg az oldható S-tartalom az itatóhely és a szárnyék környékének feltalajában. A szárnyék 0-20 cm rétegében az $\text{NH}_4\text{-N}$ 72, míg a $\text{NO}_3\text{-N}$ 25 mg/kg volt, tehát a N-terhelés akár 300 kg/ha értéket is elérheti. Az itt található ritka, pusztuló növényzet a N-t nem képes hasznosítani, így jelentős pontszerű szennyezés alakulhat ki.

Kádár L., Ragályi P., Szemán L., Márton L., Nagy S. (2007): Effect of NPK fertilization and manure load on the grazed natural permanent grassland (Summary)

- The 2nd year effects of fertilization at Cserkeszölő site were not proven statistically in hay yield. However, the NP-fertilization and the sheep manure gave 1-1.5 t/ha hay surpluses at Bakonszeg farm. The mineral composition of the hay did not change significantly as a function of treatment neither at Cserkeszölő, nor at Bakonszeg site.

- Elevated, in some cases extreme high K, N, Ca, P, Mg, S and partly Sr, Cd, B concentrations were found in the above ground plant tissue on the resting hump; as well as Fe, Na, Al, Cr and Co concentrations on the driveway. Plant samples were not cleaned or washed so surface pollution could also contribute to the abnormal composition.

- According to soil analyses the organic matter content increased in the 0-40 cm layer at watering-place and screen wall. The $\text{NO}_3\text{-N}$ content can reach 250-300 kg/ha level in the 0-1 m soil layer under the watering-place. The potassium rose more fold in the 0-40 cm layer at passageway, watering-place and near to screen wall. The $\text{NH}_4\text{-acetate+EDTA}$ -soluble P content of the whole 0-1 m layer showed 2-fold excess at driveway, 4-fold at resting hump, watering-place and screen wall, as well as 23-fold at passageway.

- The resting hump and passageway showed Zn pollution/accumulation. This phenomenon needs to be cleared by more examination. The soluble Fe increased in the topsoil near to screen wall, while soluble S in the topsoil of the watering place and around screen wall. The 0-20 cm soil layer had 72 mg/kg $\text{NH}_4\text{-N}$ and 25 mg/kg $\text{NO}_3\text{-N}$, so N load can reach 300 kg/ha. The rear, suffering grass stand on this place can not use this N-pool, so here point pollution can be significant.

3. Legeltetés hatása és a gyep biodiverzitása ősgyepen

Szemán L. – Kádár I. – Kovács P. (2007): The effect of “gyimesi racka” sheep grazing on permanent grassland biodiversity

Introduction

The analysis of grazing is important to maintain the plant diversity of pastures on nature conservation areas. According to *Frame (1992)*, dump excretion is about 1-1,5 kg/sheep, as a total of 0.1-0.2 kg of dump defecated 6-8 times/day. This amount, when added up for the whole grazing period, is app. 300-700 kg (app. 200 - 400 kg dry matter). The expected dump coverage of the pasture is about 0,05-0,07 m² / animal. The amount of urine is 1-2 liter/sheep/day as a total of 15-20 excretions. A sheep's urination covers an area of 0.03 – 0.05m² (*Haynes and Williams 1993*).

According to *Bristow et.al (2006)* in the sheep urine, total N ranged from 3.0 to 13.7 g litre⁻¹ of which an average of 83% was present as urea. Herbage species vary in their tolerance to or recovery from urine scorch or dung smother. Clovers are more susceptible to urine scorch than grasses. Herbage growth rates in and around the patch are stimulated. Herbage response to urine has been attributed to its N concentration and can last for 2 to 3 months (*Ledgard et. al., 1982*).

Materials and methods

Our grazing experiment was conducted with Hungarian „gyimesi racka” ewes on an alkaline soil nature conservation grassland in 2005/2006, using a grazing method. The aim of the experiment was to analyse the effects of ewe's dump on the change of the diversity of plant species on the pasture after a spring grazing period. We also examined the effects of urine patches on yield growth, and the feeding behaviour of ewes, by analysing the yields of grazed and partially grazed parts of urine patches. We monitored the number of generative tillers on the non-grazed parts, in order to sustain biodiversity and nature conservation effect. We monitored the change of the ratio of plant species, and examined the effect of grazing on the change of botanical cover of different species.

Grazing was started in early spring to ensure that sheep graze a large area due to the small amount of grass available. Urine scorch patches were marked. The effect of dump on the decay and regeneration of plants, on the grazing of the next growth, and on the generative phase of grasses were monitored. While grazing the primary growth, sheep consumed only parts of the urine induced lush patches. Plants not grazed could reach generative phase, which supports grassland biodiversity. We also measured the area of urine induced lush patches and the weight of grazed and un-grazed herbage.

The grasses turned dark green on dumped patches therefore they were easy to separate. Based on the grazing effect, patches were divided into three parts: the grazed outer border, where both the shoots and the stems of the grass were grazed; the mildly grazed area, where only the top of the shoots were grazed, resulting in the prevention of flowering; and the un-grazed inner circle, where grasses and

other species generated reproductive structures and seed. Generative shoots of the ungrazed plants were collected and counted by species. Each time an analysis of the botanical composition was conducted. Plant coverage and the change of size of uncovered area was also determined.

Results and discussion

In grazed pasture systems, grazing animals deposit urine and dung causing high nutrient loading to relatively small proportion of the total grazed area. Grazing was started in early spring. Urine scorch patches were marked. The height of grass enabled the sheep to graze on a certain area only for one day; grazing was repeated on the same area 30 days later. Grazed grasses started flowering. Sheep fully grazed grasses on areas not dumped, while urine patches were only partially grazed. The effect of urine induced lush patches on the diversity of plant species were analyzed. Results showed that lush patches were unevenly grazed. The outer circle, app. 15% of the patches has been grazed, a further 15-20% has been somewhat grazed, while the middle of the patch, 60-70% remained ungrazed.

Based on the darker green colour of grass, we measured the size of patches and the weight of the ungrazed herbage after grazing. Urine induced lush patches were divided into four groups based of their size. We assumed that the smaller the patch, the greater the ungrazed yield is. We found that this assumption was true only for the biggest areas, while there was no significant difference between the remaining yields. That can be explained by the heterogeneity of grass species' coverage. The grazing of leguminous plants showed that sheep left more plants on smaller size patches. Plants grazed on the borders of the patches could have grown outside the urine covered area, with only their roots reaching into richer soil, therefore the lack of odour enabled their intense grazing similar to not dumped areas.

The generative tiller number was determined at grasses flowering on the lush patches. Only the species *Alopecurus pratensis*, *Festuca pseudovina* and *Poa pratensis* have grown flowering stems. Flowering *Festuca pratensis* was found only in some of the lush patches. We assumed that generative stems were eaten by the early grazing, which may have resulted in a lack of flowering.

Table 1. Mean herbage biomass (DM g patch⁻¹) and flowering tiller number after urine patch (area cm²) grazing

| Urine patch areas | <i>Alopecurus pratensis</i> | <i>Festuca pseudovina</i> | <i>Poa pratensis</i> | Legumes fresh weight | Herbage D.M. |
|-------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|--------------|
| cm ² | head patch ⁻¹ | | | g patch ⁻¹ | |
| 2826 | 32 | - | 12 | 1 g | 38 |
| 1923 | 82 | - | 9 | 6 g | 67 |
| 1425 | 49 | 91 | 7 | 5 g | 55 |
| 1374 | 54 | - | 13 | 30 g | 42 |

There is no explainable difference between the number of shoots and the size of lush patches. *Alopecurus pratensis* had the least (32) shoots on the biggest area, outnumbered by the number of shoots (82) on a smaller area.

Nongrazed area and generative tiller number indicate that grazed pastures are able to renew themselves through a generative way, as an indirect effect of grazing. This indirect effect assumes that urine induced patches are not grazed, and grasses can grow seeds in the primary growth. There are no generative shoots developed in later growths, because the physiological effect of vernalisation end with the grazing of the primary growth, and grasses do not develop a seed stems. In this period, vegetative reproduction comes into forefront on the ungrazed areas of lush patches. The diversity of grasslands on nature conservation areas can be sustained by grazing according to good agricultural practice.

Conclusion

Grazing has an effect on the diversity of plants - not only through the pasturing itself, but also through the dumping of sheep. The aim of the experiment was to analyse the effects of ewe's dump on the change of the diversity of plant species on the pasture after a spring grazing period. Sheep do not eat plants from urine patches, which may affect the diversity of plants on the pasture. Sheep fully grazed grasses on areas not dumped, while urine patches were only partially grazed. The outer circle, app. 15% of the patches has been grazed, a further 15-20% has been somewhat grazed, while the middle of the patch, 60-70% remained ungrazed.

It is assumed that the smaller the patch, the greater the ungrazed yield is. We found that this assumption was true only for the biggest areas, while there was no significant difference between the remaining yields. That can be explained by the heterogeneity of grass species' coverage. The grazing of leguminous plants showed that sheep left more plants on smaller size patches.

Plants not grazed could reach generative phase, which supports grassland biodiversity. There is no explainable difference between the number of shoots and the size of lush patches. *Alopecurus pratensis* had the least (32) shoots on the biggest area, outnumbered by the number of shoots (82) on a smaller area. In the first growth, grass species in the middle of the lush patch seed heads (40-150 patch⁻¹) while on the outer edge of the patch, rhizomatous plants advanced. Nongrazed area and generative tiller number indicate that grazed nature conservation pastures are able to renew themselves through a generative way, as an indirect effect of grazing.

VI. Irodalom

1. A kiadvány alapjául szolgáló saját közlemények

- Kádár I.-Németh T. (2004): A $\text{NO}_3\text{-N}$ és a $\text{SO}_4\text{-S}$ lemosódása egy 28 éves műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 53:415-428.
- Kádár I. (2004): Műtrágyázás hatása a telepített gyeptermesére és N-felvételére. *Közl. 1. Gyepgazd. Közl. 2:* 36-45.
- Kádár I.-Győri Z. (2004): Műtrágyázás hatása a telepített gyeptermesértékére és tápanyaghozamára. 2. *Gyepgazd. Közl. 2:*46-56
- Kádár I. (2004): Műtrágyázás hatása a telepített gyeptermes ásványi elemtartalmára. 3. *Gyepgazd. Közl. 2:*57-66.
- Kádár I. (2005): Az olaszperje tápláltsági állapotának és elemfelvételének megítélése növényanalízissel. In: *Gyep-állat-vidék-kutatás-tudomány*. 155-160. (Szerk.: Jávor A.) DE Agrártud. Centrum. Debrecen.
- Ragályi P.-Kádár I. (2005): Long-term effects of mineral nutrition on the yield and element content of grass. *Fertilizers and Fertilization*. 7/3:395-400. Ed.: M. Fotyma. Pulawy, Poland.
- Kádár I. (2005): Műtrágyázás hatása a telepített gyeptermes ásványi elemfelvételére. 4. *Gyepgazd. Közl. 3:*3-10.
- Kádár I.-Győri Z. (2005): Műtrágyázás hatása a telepített gyeptermes aminosav tartalmára és hozamára. 5. *Gyepgazd. Közl. 3:*11-20.
- Ragályi, P. – Kádár, I. (2006): Effect of NPK fertilization on the yield and mineral element content of an established all-grass. *Agrokémia és Talajtan*. 55: 155-164.
- Kádár, I. (2006): Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gyeptermen. Termés és elemtartalom. 6. *Gyepgazd. Közlemények*. 4:95-107.
- Kádár, I. (2006): Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gyeptermen. Ásványi elemfelvétel. 7. *Gyepgazd. Közlemények*. 4:109-120.
- Kádár, I. (2006): Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gyeptermen. Minőség, tápanyaghozam. 8. *Gyepgazd. Közlemények*. 4:121-130.
- Kádár I. – Ragályi P. (2007): Relationships among soil nutrients, yield and mineral composition of grass. In: 16th Int. Symp. of CIEC. 258-263. Eds.: Neve S. De et al., Ghent, Belgium.
- Szemán L. – Kádár I. - Kovács P. (2007): The effect of „gyimesi racka” sheep grazing on permanent grassland biodiversity. In: *Grassland Science in Europe*. 12:283-286. Eds.: De Vliegher A.; Carlier L. EGF, Ghent, Belgium.
- Kádár I. – Ragályi P. – Szemán L. – Márton L. – Nagy S. (2007): NPK műtrágyázás és foltszerű trágyaterhelés hatásának vizsgálata legeltetett ősgyeptermen. *Gyepgazd. Közl. 5:*16-25.
- Kádár I.- Márton L.- Ragályi P.- Szemán L.- Csatári G.- Nagy S.- Arday Á. (2007): Trágyázás hatása legeltetett ősgyeptermekekre. *Növénytermelés*. 56: 287-306.
- Kádár I. (2007): Műtrágyahatások vizsgálata 3. éves telepített gyeptermen. *Növénytermelés*. 56: 345-361.
- Kádár I. (2007): Műtrágyahatások vizsgálata 4. éves telepített gyeptermen. Termés, elemösszetétel. *Növénytermelés*. 56: 363-376.

- Ragályi P.- Kádár I. (2008): NxP and NxK interactions on grass yield and mineral element composition. *Cereal Research Comm.* 36:79-82.
- Kádár I. (2008): Műtrágyahatások vizsgálata 4. éves telepített gyepen. Elemfelvétel, elemforgalom. *Növénytermelés.* 57:9-19.
- Ragályi P. – Kádár I. – Loncaric, Z. – Kovacevic, V. (2010): Yield response and element content of grass in a fertilization experiment. – 896-900. . In: 45th Croatian Symp. on Agriculture Proc. 906-910. Eds.: Maric, S. and Loncaric, Z. Faculty of Agriculture, Osijek, Croatia. 2010.02.16-19.
- Kádár I.- Ragályi P. (2010): Soil nutrient supply, yield and mineral element composition of grass. In: Proc. 9th Alps-Adria Sci. Workshop. 149-152. Ed.: Marietta H. Spicak. Czech Republic.
- Szemán L. – Kádár I. – Ragályi P.(2010): Műtrágyázás hatása a telepített pillangós nélküli gyepterület botanikai összetételére. *Növénytermelés.* 59(1): 85-105.
- Kádár I. (2010). Műtrágyahatások értékelése tartamkísérletben telepített gyepen. *Agrokémia és Talajtan.* 59(2): 295-314.
- Ragályi P. – Kádár I. (2011): Trágyázás hatása természetes legelők gyepföldjének és elemtartalmára. *Talajvédelem.* (Szerk.: Farsang A. – Ladányi Zs.) Különszám. 405-411.
- Kádár I. (2011): Műtrágyahatások vizsgálata 7. éves telepített gyepen. *Növénytermelés.* 60(4):69-73.
- Kádár I. – Vinczeff I. – Ragályi P. (2011): Műtrágyahatások vizsgálata 6. éves telepített gyepen. *Gyepgazdálkodási Közlemények.* 2010/2011(1):19-30.
- Kádár I., Ragályi P. (2012): Mineral fertilization and grass productivity in a long-term field experiment. *Archives of Agronomy and Soil Science.* 58(1)(Suppl):127-131.

2. A kiadványban hivatkozott közlemények jegyzéke

- Amberger, A. (1983): Stickstoffaustrag in Abhängigkeit von Kulturart und Nutzungsintensität im Ackerbau und Grünland. In: Nitrat ein Problem für unsere Trinkwasserversorgung? *Arbeiten der DLG.* 177:83-94. DLG Verlag, Frankfurt/Main.
- Anke, M. et al. (1973): Manganmangel beim Wiederkäuer. *Arch. Tierernährung.* 23:197-211.
- Antal J. – Egerszegi S. – Penyigei D. (1966): Növénytermesztés homokon. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Balázs F. (1961): Műtrágya hatása a vöröscsenkeszes gyepterület összetételére. *Növénytermelés.* 10:315-335.
- Bánszky T. (1988): NPK műtrágya mennyiségi és aránykísérlet intenzív telepített gyepen. *Növénytermelés.* 37/3: 247-257.
- Bánszky T. (1991): Fű-és gyepterület műtrágyázásának értékelése. In: Legelő az emberiség szolgálatában. 18-117. Szerk.: Vinczeff I. DATE Debrecen.
- Bánszky T. (1997): Telepített gyepterület NPK műtrágyázása csernozjom talajon. *Növénytermelés.* 46/5:499-508.

- Bánszky T. (2002): A pillangósvirágú növények arányának növelése a gyepeken. In: Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban. 167-171. Szerk.: Jávora A. – Sárvári M., DATE. Debrecen.
- Baranyai F. – Fekete A. – Kovács I. (1987): A magyarországi talajtápanyag vizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Barcsák Z. (1999): A gyepek tápanyagellátása. In: Tápanyaggazdálkodás. 522-535. Szerk.: Fülek Gy. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Barcsák Z. (2004): Biogyepgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Barrow, N.J. – Lambourne, L.J. (1962): Partition of excreted nitrogen, sulphur and phosphorus between the faeces and urine of sheep being fed pasture. Aust. J. agric. Res. 13:461-471.
- Barrow, N.J. (1967): Some aspects of the effects of grazing on the nutrition of pastures. J. Aust. Inst. agric. Sci. 33:254-262.
- Baskay T.B. (1962): Legelő- és rétművelés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bergmann, W. (1992): Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer Verlag. Jena-Stuttgart-New York.
- Béri B. – Vajna Tné – Czeglédi L. (2004): A védett természeti területek legeltetése. Debreceni Gyepgazd. Napok. 20:51-58. Szerk.: Nagy G. – Lazányi J. Agrártud. Centrum. Debrecen.
- Bíró J., (1928): A legelőgazda könyve. Földművelésügyi Minisztérium. Budapest.
- Blaskó L. - Zsigrai I. (1994): Sustainable land use and mineral fertilizers on meadow chernozem soil. Agrochimica és Talajtan. 43:344-356.
- Blaskó L.–Juhász Cs. (1994): N-kimosódás drénezett talajokon trágyázás hatására. In: Trágyázási kutatások 1960-1990. 131-133. Szerk.: Debreczeni B. – Debreczeni Bné. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Bokori J. (1986): Állategészségügyi és takarmányozási vizsgálatok eredményeinek alkalmazása az állattenyésztésben. Doktori értekezés. MTA TMB. Budapest.
- Bristow A.W. Whitehead C.D. Soskburn E.J.(2006) Nitrogenous constituents in the urine of cattle, sheep and goats. Journal of the Science of Food and Agriculture, 59. 3. 387-397
- Brune, H. (1992): Justus von Liebig und Wilhelm Henneberg, die Väter der wissenschaftlichen Tierernährung. In: Ergänzungsband der Tier-Chemie. 75-87. Agrimedia. Frankfurt/Main.
- Brydl E. (1990): Komplex anyagforgalmi vizsgálatok nagyüzemi tehenészetekben. Magyar Állatorvosok Lapja. 45:719-724.
- Burg, P.F.J. van (1966): Nitrate as an indicator of the nitrogen-nutrition status of grass. Proc. 10th Int. Grassland Congr. 267-272. Helsinki.
- Buzás I. – Fekete A. – Buzás Iné – Csengeri Pné – Kovács Ané (1979): Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrochimiai Központ. Budapest.
- Cooke, G.W. (1965): Trágyázás és jövedelmező gazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Csathó P. (1992): K- és P hatások kukoricában meszes csernozjom talajon. Agrochimica és Talajtan. 41: 241-260.
- Csathó P. (1994): A magyarországi talajok NPK mérlegei 1990-ben és 1991-ben. Növénytermelés. 43:551-561.

- Csathó P. (1997): Összefüggés a talaj K-ellátottsága és a kukorica, őszi búza és a lucerna K-hatások között a hazai szabadföldi kísérletekben, 1960-1990. *Agrokémia és Talajtan*. 46:327-346.
- Csathó P. (2004): A talaj-növény rendszer tápelemforgalmának agronómiai és környezetvédelmi vonatkozásai. Akadémiai Doktori Értekezés Tézisei. Kézirat. Budapest.
- Cselkó I. (1902): Az erőtermelő állatok fehérjeszükségletéről. *Köztelek*. 12:1696-1697.
- Cserhádi S. – Kosutány T. (1887): A trágyázás alapelvei. Orsz. Gazd. Egyesület Könyvkiadó Vállalata. Budapest.
- Csizi I. – Monori I. (2005): Túlértett juhtrágya hatása az *Alopecuretum pratensis* gyeptársulásra. In: Gyep – Állat – Vidék – Kutatás – Tudomány. 123-129. Szerk.: Jávor, A. DE ATC. Debrecen.
- Debreczeni B. (1987): A magyar mezőgazdaság NPK mérlege. *Nemzetközi Mezőgazdasági Szemle*. 150-153.
- Deller, B. (1988): 100 Jahre Bodenuntersuchung in VDLUFA. Bedeutung, Probleme, Erfolge. *VDLUFA Schriftenreihe*. 28:191-213.
- Ditz H. (1867): A magyar mezőgazdaság. (Szerk.: Kádár I. 1993). MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- Dow, A.I. – Heinemann, W.W. – Cline, T.A. – Hanks, E.M. (1980): Effects of N fertilization on yield, N recovery, nutrient content and quality of three irrigated pasture grasses. *Bulletin 0893*. College of Agric. Res. Center. Washington State University. USA.
- Dresdner I. (1927): Az újkori zöldmezőgazdálkodás. Kertész Könyvnyomda. Budapest.
- Egnér, H. – Riehm, H. – Domingo, W.R. (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. *K. Lantbr. Höghsk. Ann.* 26:199-215.
- Fekete S. (Szerk.: 2003): Állatorvosi takarmányozás és dietétika. Nyomdaipari és Szolgáltató Kft. Budapest-Zamárdi-Zebegény.
- Finck, A. (1982): Fertilizers and Fertilization. Verlag Chemie. Deerfield Beach. Florida, Basel.
- Fraas, C. (1870): Wurzelleben der Culturpflanzen. Universitätsdruckerei. München.
- Frame, J. (1992): Improved Grassland Management. Farming Press Books, Ipswich, UK.
- Geisler, G. (1988): Pflanzenbau. 2. Auflage. Paul Parey. Berlin und Hamburg.
- Gericke, S. (1957): Zehn Fragen der Wiesendüngung. 3. Aufl. Tellus. Essen.
- Gericke, S. (1965): Die Wirkung langjähriger PK-Düngung auf den Wiesen. *Die Phosphorsäure*. 25:12-25.
- Glas, E. (1992): The Liebig-Mulder controversy on the methodology of physiological chemistry. In: *Ergänzungsband der Tier-Chemie*. 107-124. Agrimedia. Frankfurt/Main.
- Goering, H.K. – Van Soest, P.J. (1970): Forage Fiber Analysis. *Agricultural Handbook*. USDA. ARS. Washington.
- Gruber F. (1960): Rét és legelő. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

- Gruber F. (1962): A korszerű legelő- és rétgazdálkodás gyakorlata. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Günter, K.D. (1992): Die Tierernährungswissenschaften im Wandel der Zeiten. In: Ergänzungsband der Tier-Chemie. 89-93. Agrimedia. Frankfurt/Main.
- Gyarmathy Gy. – Parászka L. (1978): Gyepek tápelemgazdálkodása különböző termőhelyi viszonyok között. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- Gyarmathy Gy. (1980): A gyepnövények műtrágyázási irányelvei. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- Győri D. – Ihász I. (1968): Egyszerű vizsgálatok a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Győri Z. – Alapi K. (2003): A Felső-Tisza ártéri legelőinek ásványianyag-tartalma. Gyepgazd. Közlemények. 1:32-34.
- Haynes R. J. Williams P.H.(1993) Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. Advances in Agronomy, 49. 119-199
- Haraszi E. (1973): Az állat és legelő. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Harmati I. (1981): A Duna-Tisza közti sós, lúgos szikesek hasznosítása és javítása gyepgazdálkodással. Agrokémia és Talajtan. 30:186-199.
- Harmati I. (1997): Intenzív telepített gyep létesítése és műtrágyázása karbonátos szolonszakszagos szikesen. Növénytermelés. 46/2:191-202.
- Harmati I. (2006): Rétek és legelők műtrágyázása, a gyepgazdálkodás fejlesztésének lehetőségei a Duna-Tisza közén. Agrofórum. 17(10): 51-55.
- Horváth R. – Prohászka K. (1976): Adatok a rét-legelő növényzetének tápelem-tartalmáról. Növénytermelés. 23/1:51-56.
- Horváth R. – Prohászka K. (1979): Ösgyepek tápelemtartalmát befolyásoló tényezők. Bot. Közlem. 66:103-107.
- Howe, P.E. (1992): Liebig and the chemistry of animal nutrition. In: Ergänzungsband der Tier-Chemie. 95-106. Agrimedia. Frankfurt/Main.
- Ihász J. (1960): Gyakrabban előforduló pázsitfűvek és herefélék karotintartalmának meghatározása és értékelése. Agrokém. és Talajtan. 9:559-574.
- ISO 11261 (1995): Soil Quality. Determination of total nitrogen. Modified Kjeldahl method.
- Izsáki Z. (1993): Major contamination sources in crop production. In: Environmental pollution sources and consequences. 24-28. Univ. of Agriculture. Nitra.
- Izsáki Z. (1994): A konvencionális és alternatív mezőgazdaság összehasonlító értékelése. In: 11. Nemzetközi Környezetvédelmi Konferencia. 172-278. Kecskemét.
- Izsáki Z. – Iványi I. (2002): A N-műtrágyázás hatása a talaj N-mérlegére és a NO₃-N kimosódására műtrágyázási tartamkísérletben. Növénytermelés. 51:115-124.
- Jávor A. (2003): A juhászat szerepe az uniós területhasznosítási elvárások megvalósításában. In: Legeltetési állattartás! 227-232. (Szerk.: Jávor A.) DE. ATC. Debrecen.
- Juhász Cs. (1991): Drénhatás vizsgálata a kiskörű víztározó térségében öntés réti talajon. Doktori értekezés. DATE. Debrecen.

- Kádár I. – Németh T. – Kovács G. (1987): A N-műtrágya érvényesülése és a NO₃ kilúgzása meszes csernozjom talajon. In: A mezőgazdaság kemizálása. 101-107. NEVIKI-KAE. Keszthely.
- Kádár I. – Németh T. (1993): Nitrát bemosódásának vizsgálata műtrágyázási kísérletben. Növénytermelés. 42:331-338.
- Kádár I. – Radics L. – Daood, H. (2000): Mikroelem-terhelés hatása a sárgarépára karbonátos csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 49:427-445.
- Kádár I. – Schill J. (2004): Az olaszperje (*Lolium multiflorum* Lam.) műtrágyázása csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 53: (In print)
- Kádár I. (1979): Földművelésünk nitrogén, foszfor és kálium mérlege. Agrokémia és Talajtan. 28:527-544.
- Kádár I. (1987): Földművelésünk ásványi tápelemforgalmáról. Növénytermelés. 36:517-526.
- Kádár I. (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest. 1-398.
- Kádár I. (1993): A kálium-ellátás helyzete Magyarországon. KTM-MTA TAKI. Budapest. 1-112 p.
- Kádár I. (1997): Talajaink tápelemgazdálkodása az ezredfordulón. Növénytermelés. 46:73-84.
- Kádár I. (2004): Az olaszperje (*Lolium multiflorum* Lam.) Tápelemfelvételének vizsgálata műtrágyázási tartamkísérletben. Agrokém. és Talajt. 53:291-304.
- Kádár I. (2012): A mezőföldi műtrágyázási tartamkísérlet első évtizedének tanulságai. MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 177 p.
- Kádár I. (2013): A mezőföldi műtrágyázási tartamkísérlet tanulságai 1984-2000. MTA ATK TAKI. Budapest. 357 p.
- Károly R. (1899): Rét- és legelőművelés. Franklin. Budapest.
- Kátai J. – Veres E. (2003): Gyepek talajának és rizoplánjának összehasonlítása. Gyepgazd. Közlemények. 1:13-17.
- Kjeldahl, J. (1891): Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. Zeitschr. F. analyt. Chemie. 22: 366-382.
- Klapp, E. (1951): Einfluss der Schnitthäufigkeit auf die Wurzeltrockenmasse. Leistung, Bewurzelung und Nachwuchs einer Grassnarbe unter verschieden häufiger Mahd und Beweidung. Z. Acker- und Pflbau. 90:269-286.
- Klapp, E. (1965): Die Düngung der Wiesen und Weiden. In: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. III. Band. 764-795. Ed.: Linser H. Springer Verlag. Wien-New York.
- Klapp, E. (1971): Wiesen und Weiden. P. Parey. 4. Auflage. Berlin.
- Korizmic L. – Benkő D. – Morocz I. (1855): Mezei gazdaság könyve. III. kötet. Stephens Henry „The book of the farm” c. munkája nyomán hazai körülményekhez alkalmazva. Pesten nyomtatott Herz Jánosnál.
- Kóta M. – Borbély Jné – Szilágyi Sz. (2000): Takarmányok vizsgálati módszerei. Szerk.: Győri Z. Minőség jegyzetek. DATE. Debrecen.
- Kovács F. (1990): Állathigiénia. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Kreybig L. (1951): Gyakorlati trágyázástan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Lakanen, E. - Erviö, R. (1971): A comparison of eight extractants for the determination of plant available mikroelements in soils. Acta Agr. Fenn. 123:223-232.

- Lazányi J. - Petó K. –Nagy G. (2008): Chemical composition and nutritive value of selected grasses during primary growth in 2004. *Cereal Research Communications*. 36: 839-842.
- Ledgard S.F., Steele K.W., Saunders W.M.H. (1982) Effect of urine and its major constituents on pasture properties. *New Zeland Journal of Agricultural Research*, 25 61-68.
- Lendvai Z. – Avas K. (1983): Tápanyagkilúgzás vizsgálata talajcsővezett területeken. *Melioráció, öntözés, tápanyaggazdálkodás*. 2:48-52.
- Liebig, J. von. (1840-1876): Kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és a növényélettanban. Szerk.: Kádár I. 1996. MTA TAKI. Budapest.
- Liebig, J. von. (1842): Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie. Verlag von Vieweg und Sohn. Braunschweig. 342 p.
- Markó A. (1987): Somogy megye agrárökológiai tájegységeinek NPK mérlege. *Melioráció, öntözés, tápanyaggazdálkodás*. 2:72-79.
- Márton L. – Kádár I. (1999): N-műtrágyázás hatása a szója levelének klorofill és karotenoid tartalmára, hozamára. *Agrokémia és Talajtan*. 48:381-388.
- McLean, E.O. – Adams, D. – Franklin, R.E. (1956): Cation exchange capacities of plant roots as related to their nitrogen contents. *Proc. Soil Sci. Soc. Am*. 20:345-347.
- McLeod, L.B. (1965): Effect of nitrogen and potassium fertilization on the yield, regrowth, and carbohydrate content of the storage organ of alfalfa and grasses. *Agron. J.* 87(4): 345-350.
- MÉM NAK (1978): A TVG tápanyagvizsgáló laboratórium módszerfüzete. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest. 48 p.
- Mezőgazdasági Lexikon (1958): Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- MSZ 21470-50 (2006): Környezetvédelmi talajvizsgálatok. Az összes és oldható toxikus elem, nehézfém és Cr (VI) tartalmának meghatározása. Magyar Szabványügyi Testület. Budapest. 33 p.
- MTA AOTB (1974): MTA Állatorvostudományi Bizottság állásfoglalása a gazdasági állatok mikroelem szükségletéről. *Állattenyésztés*. 23:87-88.
- Mucsi I. (1996): A legelő állatok (rész) anyagcsere betegségeinek kialakulása. In: *Gyepgazdálkodási Napok*. 13: 127. Szerk.: Vinczeff I. DATE. Debrecen.
- NAAS (1967): Fertilizer recommendation for agricultural and horticultural crops. NAAS. Advisory Paper. N.4. Minist. Agric., Fish. Fd.
- Nagy G. – Vinczeff I.(1997): Ürülékhatás a legelőn. In: *Gyepgazdálkodási Napok* 14. 109-117. Szerk.: Nagy G. – Vinczeff I. DATE. Debrecen.
- Nagy G. (2002): A jó minőségű gyepszéna feltételei. In: *Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban*. 160-166. Szerk.: Jávor A. – Sárvári M. DATE. Debrecen
- Nagy G. (2003): A gyepgazdálkodásra ható gazdasági-társadalmi környezet. *Gyepgazd. Napok*. 19:7-19. Szerk.: Nagy G. Agrártud. Centrum. Debrecen.
- Nagy G. (2007): Multifunctional demands on grasslands. *CAB Reviews*. 2(22):1-10. CABI Publishing Online.
- Nagy G. (2008): Spring phenological development of perennial ryegrass and its response to annual weather conditions. *Cereal Res. Comm.* 36:787-790.
- Nagyváthy J. (1821): Magyar practicus termesztő. Pesten, Petrózai Trattner János betűivel, 's költségével.

- Nehring, K. (1965): Düngung, Qualität und Futterwert. In: Handbuch der Pflanzenernährung und düngung. 1260-1354. Ed.: Linser, H. Dritter Band. Zweite Hälfte. Springer Verlag. Wien. New York.
- Németh T. – Kádár I. (1987): A szulfát és az „összes só” felhalmozódása a talajprofilban tartós műtrágyázás hatására. In: A mezőgazdaság kemizálása. 95-100. NEVIKI-KAE. Keszthely.
- Németh T. – Kádár I. (1999): Nitrát bemosódásának vizsgálata és a N-mérlegek alakulása egy műtrágyázási tartamkísérletben. Növénytermelés. 48:377-386.
- Németh T. – Kovács G. – Kádár I. (1987-1988): A NO_3^- , SO_4^{2-} és a sóbemosódás műtrágyázási tartamkísérletben. Agrokémia és Talajtan. 36-37: 109-126.
- Németh T. (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI. Budapest.
- Nyíri L. – Karuczka A. (1989): A melioratív nedvességszabályozási módok hatása az elvezetett vizek nitrát tartalmára és dinamikájára. DATE Tud. Közleményei. 28:453-462.
- Peters, A. – Janssens, F.(1998): Species-rich grasslands: diagnostic, restoration and use in intensive livestock production system. In: Grassland Science in Europe. 3: 375-393. Eds.: Nagy G. – Pető K. EGF- DATE. Debrecen
- Pető K. – Kovács P. – Nagy G. (2008): Some morphological characteristics of timothy and their response to annual weather conditions during primary growth. Cereal Res. Comm. 36: 1707-1710.
- Pevetz, W. (1990): Intensiät in der Landwirtschaft-wirtschaftliche, agrar- und umweltpolitische Aspekte. In: BAL Bericht. 41-47. Bundesanst. f. Alpenl. Landw. Gumpenstein.
- Pfützer, G. – Pfaff, C. – Roth, H. (1952): Die Vitaminbildung der höheren Pflanzen in Abhängigkeit von ihrer Ernährung. Landw. Forsch. 4:105-118.
- Pratt, P.F. (1984): Nitrogen use and nitrate leaching in irrigated agriculture. In: Nitrogen in crop production. 319-333. ASA-CSSA-SSSA. Publication. Madison, Wisconsin.
- Prjanisnyikov, D.N. (1965): Cszasztnoe zemledelie. Izd. „Kolosz” Moszkva.
- Raymond, W.F. – Spedding, C.R.W. (1965): The effect of fertilizers on the nutritive value and production potential of forages. Proc. Fertil. Soc. N. 88.
- Révai Nagy Lexikona (1924): Révai testvérek Irodalmi Intézet és Rt. Budapest.
- Rézhegyi P. – Heltai Gy. (1984): A nitrogén kimosódásának vizsgálata liziméterekben N^{15} izotóp felhasználásával. Melioráció, öntözés, tápanyaggazdálkodás. 2:53-55.
- Richardson, H.L. (1938): The nitrogen cycle in Grassland with special reference to the Rothamsted Park grass Experiment. J. Agric. Sci. Camb. 28:73-121.
- Romasev, P.I. (1960). Luga i pasztviscsa. In. Szpravocsnyik po mineral'nüm udobrenijam. 331-336. Szerk.: Katalümov, M.V. Gosz. Izd. Sz/h. Literaturü. Moszkva.
- Ruzsányi L. – Pepó P. – Sárvári M. (1994): Evaluation of major agrotechnical factors in sustainable crop production. Agrokémia és Talajtan. 43:335-343.
- Ruzsányi L. (1992): A N-műtrágyázás hatása a termésre és a talajszelvény nitrátosodására. Növénytermelés. 41:497-510.
- Sachs, J. (1873): Lehrbuch der Botanik. 3. Auflage. 1. Buch. Wilhelm Engelmann. Leipzig.

- Sachs, J. (1887): Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 2. Auflage. Wilhelm Engelmann. Leipzig.
- Sarkadi J. (1975): A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Sarkadi J. (1979): Az intenzív tápanyagellátás hatása a talaj termékenységre. In: Az intenzív műtrágyázás hatása a talaj termékenységre. 5-36. Ankét. MTA TAKI Kiadványa. Budapest.
- Saussure De, Th. (1804): A növények kémiai kutatása. Fordította dr. Cserni Imre. Kecskeméti Főiskolai Nyomda. Kecskemét.
- Scharrer, K. – Bürke, R. (1953): Der Einfluss der Ernährung auf die Provitamin-A (Carotin)-Bildung in landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde. 62:244-262.
- Schlechner, G. (1990): Mittel und Wege zur Extensivierung in den Bereichen Grünlandwirtschaft und Futterbau. In: BAL Bericht. 13-40. Bundesanst. f. Alpenl. Landw. Gumpenstein.
- Schlechner, G. (1972): Das 1x1 der Grünlandwirtschaft. Beratungsschrift N. 31. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Wien. Austria.
- Schmidt J. – Várhegyi Jné – Várhegyi J. – Cenkvari É. (1998): A metabolizálható fehérje értékelési rendszer alkalmazása a takarmányvizsgáló laboratóriumokban. ÁTK Herceghalom – PATE Mosonmagyaróvár.
- Schmidt J. – Várhegyi Jné – Várhegyi J. – Turiné C.É. (2000): A kérődzők takarmányainak energia- és fehérjeértékelése. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Schmidt J. (Szerk: 1993): Takarmányozás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Schüpbach, H. (1990): Futterbauliche und landwirtschaftspflegerische Aspekte artenreicher Naturwiesen in der Schweiz. In: BAL Bericht. 1-12. Bundesanst. f. Alpenl. Landw. Bumpenstein.
- Sears, P.D. – Newbold, R.P. (1942): The effect of sheep droppings on yield, botanical composition and chemical composition of pasture. 1. N. Z. J. Sci. Technol. Sect. A. 24:36-61.
- Sears, P.D. (1950): Soil fertility and pasture growth. J. Br. Grassld. Soc. 5:267-280.
- 'Sigmund E. (1904): Mezőgazdasági Chémia. Kir. Magy. Természettudományi Társulat. Budapest.
- Steiger, H. – Püschel, F. – Kasdorf, A. (1959): Über das Vorkommen und die Beeinflussung des Carotinhalt in Grün- und Rauhfutter. Z. landw. Vers. Unters.wesen. 5:299-322.
- Szabó J. (1977): Gyepgazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Szalai T. – Nyárai Horváth F. – Holló S. – Birkás M. (2000): A lucerna hatása talaj nitrát-nitrogén tartalmára búza-kukorica bikultúrás tartamkísérletben. Növénytermelés. 49:353-359.
- Szalay S. – Sámsoni Z. – Siroki Z. – El-Hyatemi, Y. (1977): Hortobágy legelőterületeinek mikroelem ellátottsága. Agrokém. és Talajtan. 26:95-112.
- Szemán L. (2002): Telepített gyepek faji összetételének és tápanyagellátásának hatása a nyersfehérje tartalomra. In: Innováció. 219-233. Szerk.: Jávör A. – Sárvári M. DE Mg. Tud. Kar. Debrecen
- Szemán L.(2007): Gyepgazdálkodási módszertan. Egyetemi jegyzet. SzIE. MKK. Gödöllő, 5-123p.

- Szemán L. (2007): Gazdasági gyepek telepítése a gazdálkodási rendszer függvényében. *Agrofórum* 18. évf. 8. sz. 52-54.
- Szopkó T. – Barcsák Z. (1992): Szerves és műtrágyázás hatása a gyeptermesztésre. In: *Debreceni Gyepgazdálkodási Napok* 10. Legeltetési állattartás. 51-56. Szerk.: Vinczeff I. DATE. Debrecen.
- Tasi J. – Barcsák Z. (2001): Néhány gyeptermető fejlődési fázisa és takarmányminőségének változása közötti összefüggések vizsgálata. *Növénytermelés*. 50/1:31-42.
- Thaer, A. (1809-1821): *Az ésszerű mezőgazdaság alapjai*. IV. rész. A trágyázásról. Szerk.: Kádár I. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- Thamm Fné (1990): Növényminták nitráttartalmának meghatározását befolyásoló tényezők vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan*. 39:191-206.
- Thyll Sz. (1984): Síkvidéki kötött talajú területek talajcsővezetésének új eredményei. In: *Komplex melioráció*. 467-471. Szerk.: Szabó Á. *Georgikon Napok*. Keszthely.
- Tóth A. (1984): A drénezés komplex hatása. In: *Komplex melioráció*. 535-544. Szerk.: Szabó Á. *Georgikon Napok*. Keszthely.
- Tölgyesi Gy. – Haraszi E. (1967): Tapasztalatok a legelő mikroelem trágyázása során. *Növénytermelés*. 16/1:7-14.
- Tölgyesi Gy. (1965): A keszthelyi lápon termelt szálaskarmányok réz és molibdén tartalmának takarmányozási vonatkozásai. *Magyar Állatorvosok Lapja*. 20:502-506.
- Tölgyesi Gy. (1969): A növények mikroelem tartalma és ennek mezőgazdasági vonatkozásai. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest.
- Viljamsz, V.R. (1950): *Talajtan. A földműveléstan alapjai*. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Vinczeff I. (1964): A természetes gyepek értéknövelésének lehetőségei. *Magyar Mezőgazdaság*. 19/8:9-10.
- Vinczeff I. (1966): *Gyepgazdálkodás képekben és számokban*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Vinczeff I. (1998): Lehetőségeink a legeltetési állattartásban. Tanulmány. *Debreceni Gyepgazdálkodási Napok*. 16. DATE. Debrecen.
- Vinczeff I. (1999): Fontosabb ökológiai jellemzők. In: *Agroökológia – Gyep – Vidékfejlesztés*. 15:51-54. *Gyepgazdálkodási Napok*. 15. DATE. Debrecen.
- Vinczeff I. (2005): Gyepgazdálkodásunk helyzetének ismertetése. Kézirat. Debrecen. 17 p.
- Voisin, A. (1961): *Lebendige Grasnarbe*. BLV Verlagsgesellschaft. München.
- Voisin, A. (1964): *A talaj és a növényzet, az állat és az ember sorsa*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Voisin, A. (1965): *Fertilizer application. Soil, plant, animal*. Crosby Lockwood. London.
- Wagner, P. (1909): *Versuche über Wiesendüngung. Arbeiten der DLG*. N. 162. Berlin.
- Wagner, P. (1921): *Die Düngung der Wiesen nach den Ergebnissen von 4-14. jährigen Versuchen. Arbeiten der DLG*. N.318. Berlin.
- Wahnschaffe, F. (1903): *Wissenschaftliche Bodenuntersuchung*. 2. Auflage. Paul Parey. Berlin.

- Walter, B. – Resch, H.N. (1983): Stickstoffaustrag in Abhängigkeit von Kulturart und Nutzungsintensität im Weinbau. In: Nitrat ein Problem für unsere Trinkwasserversorgung? Arbeiten der DLG. 177:114-120. DLG Verlag, Frankfurt/Main.
- Wehrmann, J. – Scharpf, H.C. (1983): Stickstoffaustrag in Abhängigkeit von Kulturart in Nutzungsintensität im Intensivkulturen. In: Nitrat ein Problem für unsere Trinkwasserversorgung? Arbeiten der DLG. 177:95-113. DLG Verlag, Frankfurt/Main.
- Whitehead, D.C. (1970): The role of nitrogen in grassland productivity. Commonwealth Agric. Bureaux. Bulletin N. 48. Hurley, Berkshire, England.
- Wolff, E. (1864): Entwurf zur Bodenanalyse. Die Landw. Versuchsst. 6:1-141.
- Wolff, E. (1872): Praktische Düngerlehre. 4. Auflage. Verlag Wiegandt und Hempel, Berlin.

VIII. Az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet kiadványai 1980-2013 között

1. ELEK ÉVA & KÁDÁR IMRE (1980): Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium MÉM NAK. Budapest. 55 p.
2. KÁDÁR IMRE (1991): A talajok és növények nehézfém-tartalmának vizsgálata. Környezetvédelmi Minisztérium – MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 104 p.
3. KÁDÁR IMRE (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI (Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet). Budapest. 398 p.
4. KÁDÁR IMRE (1993): A kálium-ellátás helyzete Magyarországon. Környezetvédelmi Minisztérium – MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 112 p.
5. DITZ, HEINRICH (1867): A magyar mezőgazdaság. Szerk.: Kádár I. (1993) MTA TAKI. Budapest. Akaprint. 247 p.
6. KÁDÁR IMRE & SZEMES IMRE (1994): A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve. MTA TAKI. Budapest. Akaprint. 248 p.
7. CSATHÓ PÉTER (1994): A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrár-termelés. Szakirodalmi Szemle. Akaprint. Budapest. 182 p.
8. KÁDÁR IMRE (1995): A talaj–növény–állat–ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. Környezetvédelmi Minisztérium–MTA TAKI. REGICON Nyomda. Kompolt. Budapest. 388 p.
9. LIEBIG, JUSTUS V. (1840–1876): Kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és a növényélettanban. Szerk.: Kádár I. (1996) MTA TAKI. Akaprint. Bp. 341 p.
10. THAER, ALBRECHT (1809–1821): Az ésszerű mezőgazdaság alapjai. Trágyázás-tan. Szerk.: Kádár I. (1996) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 100 p.
11. NÉMETH TAMÁS (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI. Budapest. 382 p.
12. KÁDÁR IMRE (1998): Kármentesítési Kézikönyv 2. A szennyezett talajok vizsgálatáról. Környezetvédelmi Minisztérium. Nyomda: FHM. Budapest. 151 p.
13. LÁSZTITY BORIVÓJ (2004): A nem-esszenciális elemek forgalma hazai gabona-félékben. Műegyetemi Nyomda. Budapest. 94 oldal.
14. RAJKAI KÁLMÁN (2004): A víz mennyisége, eloszlása és áramlása a talajban. Licium-Art Kft. Debrecen. 208 oldal.
15. NÉMETH TAMÁS & MAGYAR MARIANNA (Szerk. 2005): Üzemi szintű tápanyag-mérleg számítási praktikum (Üzemi tápanyagmérlegek számításának alapelvei és módszerei). Spácium Kiadó és Nyomda Kft, Budapest. 116 p.

16. NÉMETH TAMÁS (Szerk. 2005): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Ünnepi ülés Várallyay György 70. születésnapja alkalmából. MTA TAKI. Spácium Kiadó és Nyomda Kft. Budapest. 180 p.
17. KOVÁCS GÉZA JÁNOS & CSATHÓ PÉTER (Szerk.): A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között. Agronómiai és környezetvédelmi tanulságok. MTA TAKI–FVM, OPENART. Budapest. 264 p.
18. LIEBIG, JUSTUS (1842): A szerveskémia alkalmazása az élettanban és a kórtanban. Szerk. Kádár I. (2007) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 132 p.
19. WOLFF, EMIL (1872): Gyakorlati Trágyázástan. A fontosabb növényi tápanyagokról szóló bevezetéssel. Közérthető agrokémiai vezérfonal. Szerk. Kádár I. (2007) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 128 p.
20. NÉMETH TAMÁS, NEMÉNYI MIKLÓS & HARNOS ZSOLT (Szerk. 2007): A precíziós mezőgazd. módszertana. JATEPress – MTA TAKI. Szeged. 239 p.
21. WILHELM KÖRTE (1839): ALBRECHT THAER élete és munkássága orvosként és mezőgazdaként. Szerk.: Kádár I. (2007) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 185 p.
22. KÁDÁR IMRE (2010): Az MTA TAKI 60 éve (Kommentár nélkül). MTA TAKI. Akaprint. 120 p.
23. KÁDÁR IMRE, SZEMES IMRE, LOCH JAKAB & LÁNG ISTVÁN (2011): A nyírlugosi műtrágyázási tartamkísérlet 50 éve. MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 110 p.
24. KÁDÁR IMRE, MÁRTON LÁSZLÓ, LÁNG ISTVÁN (2012): Az örbottyáni 50 éves örökrozs és egyéb műtrágyázási tartamkísérletek tanulságai. MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 172 p.
25. KÁDÁR IMRE (2012): A mezőföldi műtrágyázási tartamkísérlet első évtizedének tanulságai. MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 177 p.
26. KÁDÁR IMRE (2012): A főbb szennyező mikroelemek környezeti hatása. MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 359 p.
27. KÁDÁR IMRE (2013): A mezőföldi műtrágyázási tartamkísérlet tanulságai 1984-2000. MTA ATK TAKI. Budapest. 357 p.
28. KÁDÁR IMRE (2013): A gyepek műtrágyázásáról. MTA ATK TAKI. Budapest. 290 p.

Beszerezhetők a szerzők címén: 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

Postacím: 1525 Budapest, Pf. 35. Tel./Fax: 212-2265

illetve letölthetők az MTA TAKI honlapról

<http://www.mta-taki.hu/osztalyok/agrokemiai-osztaly/munkatarsak>